

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 338**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/04**

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2013 PCT/CN2013/075486**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO14179990**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2013 E 13883972 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 2988430**

54 Título: **Método para determinar un indicador de matriz de precodificación, equipo de usuario y estación base**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.04.2020**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building, Bantian,  
Longgang District  
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**WANG, JIANGUO;  
ZHOU, YONGXING;  
WU, YONG y  
XIA, LIANG**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 756 338 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método para determinar un indicador de matriz de precodificación, equipo de usuario y estación base

**Campo técnico**

5 Realizaciones de la presente invención se refieren al campo de las comunicaciones inalámbricas y, en particular, a un método para determinar un indicador de matriz de decodificación, un equipo de usuario y una estación base.

**Antecedentes**

10 Mediante la utilización de una técnica de transmisión BF (Beam Forming, Conformación de Haz) o de precodificación y mediante la utilización de una tecnología de combinación de señales recibidas, un sistema inalámbrico MIMO (Multiple Input Multiple Output, Múltiples Entradas y Múltiples Salidas) puede obtener ganancias de diversidad y de sistema. Un sistema típico que utiliza BF o precodificación puede representarse habitualmente como:

$$y = HVs + n$$

15 donde **y** es un vector de señal recibida, **H** es una matriz de canales, **V** es una matriz de precodificación, **s** es un vector de símbolo transmitido y **n** es el ruido medido. Una precodificación óptima usualmente requiere que un transmisor conozca por completo la CSI (Channel State Information, Información de estado de Canal). En un método comúnmente utilizado, el equipo de usuario cuantifica la CSI instantánea y realimenta la CSI instantánea a una estación base. La información CSI realimentada por un sistema LTE R8 incluye una RI (Rank Indicator, Indicador de Rango), un PMI (Precoding Matrix Indicator, Indicador de Matriz de Precodificación), un CQI (Channel Quality Indicator, Indicador de Calidad de Canal) y otros indicadores similares, de manera que el RI y el PMI indican, respectivamente, una cantidad de capas utilizadas y una matriz de precodificación utilizada. Genéricamente se denomina libro de códigos a un conjunto de matrices de precodificación utilizadas (a veces se hace referencia a cada matriz de precodificación en el conjunto como una palabra de código). Se diseña un libro de códigos existente de 4 antenas con estándar LTE (Long Term Evolution, Evolución a Largo Plazo) R8 sobre la base de la transformación de Householder (Householder), y un sistema R10 introduce adicionalmente un diseño de doble libro de códigos para el caso de 8 antenas. Los dos libros de códigos anteriores sirven principalmente para el diseño de antenas en una estación base común. Una estación base común utiliza una inclinación descendente de inclinación eléctrica fija o remota para controlar una dirección de haz de una antena en una dirección vertical, y una dirección de haz de la antena puede ajustarse de manera dinámica a través de precodificación o conformación de haz solamente en una dirección horizontal.

20 Para reducir los costes del sistema y para conseguir simultáneamente una mayor capacidad y un mayor requerimiento de cobertura del sistema, en la práctica se ha implementado extensamente un sistema AAS (Active Antenna System, Sistemas de Antena Activa). Para el estándar LTE R12 actualmente lanzado, se espera una mejora del rendimiento de comunicación después de que se haya introducido el sistema AAS. Comparado con una antena de estación base convencional, el AAS proporciona adicionalmente flexibilidad en el diseño en una dirección vertical y, a la vez, por conveniencia de implementación, pueden aumentarse adicionalmente los puertos de antena en el AAS. Por ejemplo, el número de puertos de antena incluidos en el actual estándar LTE R12 y en futuras versiones evolucionadas puede ser de 8, 16, 32, 64 o incluso mayor. Se propone un nuevo requerimiento en el diseño de libros de códigos, especialmente en aspectos tales como el rendimiento de precodificación, el compromiso de sobrecarga de realimentación, y el soporte de interfaz aérea. En un contexto tal, es necesario que se proponga una nueva solución de diseño para una antena de estación base AAS, y especialmente para una matriz de decodificación y un proceso de realimentación de la antena de estación base AAS.

25 El documento EP 2557700A describe un método para transmitir, por parte de una estación base, una señal de enlace descendente utilizando una pluralidad de antenas de transmisión que comprende los pasos de: recibir un PMI desde un terminal; aplicar una matriz de precodificación indicada por el PMI en un libro de códigos a una pluralidad de capas, y llevar a cabo una precodificación; y transmitir la señal precodificada al terminal a través de una pluralidad de antenas de transmisión.

30 El documento WO2011136627A2 describe un sistema de comunicación de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) que utiliza un primer libro de códigos y un segundo libro de códigos. El primer libro de códigos y el segundo libro de códigos pueden existir independientemente, o bien pueden existir en forma de un libro de códigos global de manera que el primer libro de códigos y el segundo libro de códigos están integrados uno con otro. Un receptor puede extraer un primer indicador de matriz de precodificación del primer libro de códigos, y puede extraer el segundo indicador de matriz de precodificación del segundo libro de códigos. El receptor también puede extraer el primer indicador de matriz de precodificación y el segundo indicador de matriz de precodificación del libro de códigos global. El primer indicador de matriz de precodificación y el segundo indicador de matriz de precodificación pueden ser realimentados al transmisor. El transmisor puede determinar una matriz de precodificación sobre la base del primer indicador de matriz de decodificación y el segundo indicador de matriz de precalificación.

35 El documento US2011110405A1 describe un método para llevar a cabo una precodificación sobre la base de un desplazamiento de fase generalizado o en una precodificación basada en un desplazamiento de fase extendido en

un sistema de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) que utiliza varias subportadoras, y describe un transceptor para dar soporte al mismo. Una matriz de precodificación basada en desplazamiento de fase se generaliza multiplicando una matriz diagonal para un desplazamiento de fase por una matriz unitaria para mantener la ortogonalidad entre subportadoras. En este caso, una parte de la matriz diagonal puede extenderse multiplicando una matriz de precodificación para eliminar la interferencia entre subportadoras por una matriz diagonal para un desplazamiento de fase. Mediante la generalización y la extensión de la precodificación basada en desplazamiento de fase, se simplifica un transceptor y se consigue eficiencia de comunicación.

### Resumen

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes anexas. Realizaciones de la presente invención proporcionan un método para determinar un indicador de matriz de precodificación, un equipo de usuario y una estación base, que puede mejorar la precisión de la realimentación de CSI sin aumentar excesivamente la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.

La invención se expone en las reivindicaciones independientes, mientras que realizaciones preferidas se delinean en las reivindicaciones dependientes.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se define mediante las reivindicaciones anexas. En lo que sigue a continuación, las realizaciones que no entran en el seno del alcance de las reivindicaciones deben entenderse como ejemplos útiles para comprender la invención.

Para describir las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente invención de manera más clara, lo que sigue a continuación introduce brevemente los dibujos adjuntos requeridos para describir las realizaciones o la técnica anterior. Tal como resultará aparente, los dibujos adjuntos a la siguiente descripción muestran meramente algunas realizaciones de la presente invención, y una persona con experiencia ordinaria en la técnica podrá, aun así, derivar otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin demasiado esfuerzo creativo.

La FIG. 1 es un diagrama de flujo que corresponde a un método para determinar un indicador de matriz de precodificación de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 2 es un diagrama de flujo que corresponde a un método para determinar un indicador de matriz de precodificación de acuerdo con otra realización de la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama de flujo esquemático de un método de transmisión multi-antena de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama de bloques de un equipo de usuario de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 5 es un diagrama de bloques de una estación base de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama de bloques de un equipo de usuario de acuerdo con otra realización de la presente invención; y

la FIG. 7 es un diagrama de bloques de una estación base de acuerdo con otra realización de la presente invención.

### Descripción de realizaciones

Lo que sigue a continuación describe de manera clara y completa las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos a las realizaciones de la presente invención. Como resultará aparente, las realizaciones descritas constituyen algunas las realizaciones de la presente invención, pero no todas. Todas las otras realizaciones obtenidas por una persona con experiencia ordinaria en la técnica sobre la base de las realizaciones de la presente invención sin necesidad de grandes esfuerzos creativos entrarán en el seno del alcance de la protección de la presente invención.

Las soluciones técnicas de la presente invención pueden aplicarse a diferentes sistemas de comunicaciones, tales como: un Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM, Global System of Mobile Communication), un Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, Code Division Multiple Access), un Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access), un Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS, General Packet Radio Service) y un sistema de Evolución a Largo Plazo (LTE, Long Term Evolution).

Un equipo de usuario (UE, User Equipment, Equipo de Usuario), al que también se hace referencia como un terminal móvil (Terminal Móvil), un equipo de usuario móvil, y dispositivos similares, pueden comunicarse con una o varias redes de núcleo a través de una red de acceso de radio (por ejemplo, una RAN, Radio Access Network, Red de Acceso de Radio). El equipo de usuario puede ser un terminal móvil, tal como un teléfono móvil (al que también se hace referencia como un teléfono "celular") y un ordenador con un terminal móvil. Por ejemplo, el equipo de usuario

puede ser portable, de bolsillo, manual, integrado en un ordenador, o un aparato móvil integrado en un vehículo, o puede ser un transmisor (Relay, Transmisor), y el equipo de usuario intercambia lenguaje y/o datos con la red de acceso de radio.

5 Una estación base puede ser una estación base (BTS, Base Transceiver Station, Estación Transceptora de Base) en el sistema GSM o CDMA, pero también puede ser una estación base (NodoB) en el sistema WCDMA, y puede ser adicionalmente un NodoB evolucionado (eNB o e-NodoB, NodoB evolucionado) o un transmisor (Transmisor) en la LTE, lo que no está limitado en la presente invención.

10 La FIG. 1 es un diagrama de flujo que corresponde a un método para determinar un indicador de matriz de precodificación de acuerdo con una realización de la presente invención. El método en la FIG. 1 es ejecutado por un equipo de usuario (por ejemplo, un UE).

101: Recibir un primer conjunto de señales de referencia transmitido por una estación base, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específica de UE).

15 102: Seleccionar una matriz de precodificación sobre la base del primer conjunto de señales de referencia, en donde la matriz de precodificación es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

103: Transmitir un indicador PMI de matriz de precodificación a la estación base, en donde el PMI corresponde a la matriz de precodificación seleccionada.

20 En esta realización de la presente invención, un primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, una matriz de precodificación es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, de tal manera que el equipo de usuario puede seleccionar, sobre la base de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, la matriz de precodificación y realimentar un PMI, y un conjunto de las matrices de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema (libro de códigos específico de célula o libro de códigos específico de sistema). El libro de códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, puede mejorarse la precisión de realimentación de CSI sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.

30 Debe comprenderse que una matriz puede incluir una matriz multi-fila y multi-columna, o puede incluir también un vector multi-fila de una única columna, o un vector de una única fila pero multi-columna, o un escalar (una matriz de una única fila y una única columna).

35 De manera opcional, como una realización, la matriz o el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario se notifican por parte de la estación base al equipo de usuario.

40 De manera opcional, como otra realización, antes del paso 101, el equipo de usuario puede recibir adicionalmente un segundo conjunto de señales de referencia transmitido por la estación base, en donde el segundo conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices. Sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia, el equipo de usuario determina y transmite un segundo índice a la estación base. El segundo índice se utiliza para indicar un puerto de antena o un subconjunto de puertos de antena seleccionado por el equipo de usuario, o a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices que estén asociadas con el puerto de antena o con el subconjunto de puertos de antena seleccionados por el equipo de usuario.

De manera opcional, el primer conjunto de señales de referencia puede ser un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia.

45 De manera opcional, como otra realización, cuando se recibe el segundo conjunto de señales de referencia transmitido por la estación base, el equipo de usuario puede recibir señales de referencia del segundo conjunto de señales de referencia que son transmitidas en diferentes instantes por la estación base. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o con matrices diferentes de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

De manera opcional, la matriz o el conjunto de matrices asociadas con el segundo conjunto de señales de referencia es específico de célula o específico de sistema.

55 De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye uno o varios subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están

dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antena, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas (Quasi-Co-Location, abreviado QCL).

De manera opcional, como otra realización, cuando se recibe el primer conjunto de señales de referencia transmitido por la estación base, el equipo de usuario puede recibir señales de referencia del primer conjunto de señales de referencia que son transmitidas en diferentes instantes por la estación base. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a matrices diferentes de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

De manera opcional, como otra realización, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación es un producto de dos matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ .

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 \quad (1)$$

La matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques. La matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

De manera opcional, la matriz  $\mathbf{W}_2$  se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz  $\mathbf{W}_1$  con el fin de formar la matriz  $\mathbf{W}$ .

De manera opcional, como otra realización, cada matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de Kronecker (kronecker) de dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ . Al menos una matriz en las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

De manera opcional, como otra realización, columnas de al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  son rotaciones de vectores de columna en una matriz en un subconjunto de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, es decir, que un vector  $\mathbf{c}_k$  de columna k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}$  es:

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi N_V/N_C} \right\} \mathbf{a}_m, \quad (2)$$

o bien

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\phi_{\square}}, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j\theta_{\square}}, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C} \right\} \mathbf{a}_m, \quad (3)$$

o bien, un vector  $\mathbf{d}_l$  de columna l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}$  es:

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D} \right\} \mathbf{a}_m, \quad (4)$$

o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\phi_{\square}}, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j\theta_{\square}}, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D} \right\} \mathbf{a}_m, \quad (5)$$

en donde  $N_V$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos,  $\mathbf{a}_m$  es un vector de columna m-ésima de una matriz  $\mathbf{A}$ , la matriz  $\mathbf{A}$  es una matriz en la matriz o en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, y  $\theta_{\square}$  y  $\phi_{\square}$  son desplazamientos de fase cuyos valores pueden ser  $0$ ,  $\pi$ ,  $\pm\pi/2$ ,  $\pm\pi/4$ ,  $\pm\pi/8$ , y así sucesivamente.

Debe apreciarse que un valor de  $N_C$  o de  $N_D$  puede ser infinito y, por lo tanto, puede cumplirse  $2\pi/N_C = 0$  o bien  $2\pi/N_D = 0$  y, en este caso,  $\mathbf{c}_k = \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, 1, \dots, 1, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\phi_{\square}}, \dots, e^{j\theta_{\square}} \right\} \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{d}_l = \mathbf{a}_m$ , o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, 1, \dots, 1, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\phi_{\square}}, \dots, e^{j\theta_{\square}} \right\} \mathbf{a}_m.$$

Debe apreciarse que el hecho de que los vectores de columna de la matriz  $\mathbf{C}$  o de la matriz  $\mathbf{D}$  que corresponden a la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  satisfagan las expresiones (2) a (5) no significa que la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  tenga una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$ ; por el contrario, la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente puede tener una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$  o bien una diferente.

De manera opcional, como otra realización, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores de transformada discreta de Fourier (DFT, Discrete Fourier Transformation), o una matriz formada por vectores de columna de una matriz de Hadamard (Hadamard) o una matriz de Householder (Householder).

De manera opcional, como otra realización, el vector  $\mathbf{a}_l$  DFT satisface la expresión:

$$\mathbf{a}_l = \left[ e^{j\frac{2\pi \cdot 0 \cdot l}{N}} \quad e^{j\frac{2\pi \cdot 1 \cdot l}{N}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi \cdot (M-1) \cdot l}{N}} \right]^T \quad (6)$$

en donde  $[\ ]^T$  representa la transposición de una matriz, M y N son números enteros positivos, y además se cumple que  $N_C \geq N$  o bien  $N_D \geq N$ .

5 De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye al menos un subconjunto de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia está asociado a un conjunto de la matriz **C** o la matriz **D**.

De manera opcional, como otra realización, el subconjunto de señales de referencia tiene un período de transmisión mayor que el que corresponde a otra señal de referencia.

Como una realización de la presente invención, la matriz **W** de precodificación puede ser la matriz siguiente:

10  $(2M)^{-\frac{1}{2}} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \quad e^{j\phi} \quad e^{j(\phi+\theta)} \quad \dots \quad e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T$

o bien

$$(4M)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \quad e^{j\phi} \quad e^{j(\phi+\theta)} \quad \dots \quad e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \quad e^{j\phi} \quad e^{j(\phi+\theta)} \quad \dots \quad e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T \end{bmatrix}$$

o bien

$$(2NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ \begin{array}{c} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \\ e^{j\phi} \left[ \begin{array}{c} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \quad e^{j\theta} \quad \dots \quad e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

15 en donde  $\varphi = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2, \dots$ ,  $\theta = (\pi/16) (2i_1 + \lfloor i_2/4 \rfloor)$ ,  $i_1 = 0, \dots, 15$ ,  $i_2 = 0, \dots, 15$ , y un símbolo " $\lfloor x \rfloor$ " representa un máximo número entero que no es mayor que x.  $\phi = (k\pi / 32)$ , donde  $k = 0, \dots, 15, \dots, 32$ , y así sucesivamente, o bien  $k = 0, \pm 1, \dots, \pm 15, \pm 16$ , y así sucesivamente.

M es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de M puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente.  
N es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de N puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente.

20 Como otra realización de la presente invención, la matriz **W** de precodificación puede ser la matriz siguiente:

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -\begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \end{bmatrix}$$

o bien

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ j \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -j \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ je^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -je^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ je^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -je^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \end{bmatrix}$$

5 en donde  $\theta = (\pi/16) (2i_1 + \lfloor i_2/4 \rfloor)$ ,  $i_1 = 0, \dots, 15$ ,  $i_2 = 0, \dots, 15$ , y un símbolo " $\lfloor x \rfloor$ " representa un máximo número entero que no es mayor que  $x$ .  $\phi = (k\pi / 32)$ , donde  $k = 0, \dots, 15, \dots, 32$ , y así sucesivamente, o bien  $k = 0, \pm 1, \dots, \pm 15, \pm 16$ , y así sucesivamente.

M es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de M puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente. N es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de N puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente.

10 Puede conocerse a partir del estudio de la matriz **W** de precodificación, que la matriz **W** de precodificación puede corresponder a una configuración de antenas realmente desplegadas; puesto que la granularidad de un valor de  $\theta$  es de  $\pi/16$ , puede implementarse una cuantificación espacial más precisa, y puede mejorarse la precisión de realimentación de CSI; aparte de esto, dos columnas de la matriz **W** de precodificación son ortogonales entre sí, y puede reducirse la interferencia entre capas.

15 La FIG. 2 es un diagrama de flujo de un método para determinar un indicador de matriz de precodificación de acuerdo con otra realización de la presente invención. El método representado en la FIG. 2 es ejecutado por una estación base (por ejemplo, un nodo eNB).

201: Transmitir un primer conjunto de señales de referencia a un equipo de usuario, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE).

20 202: Recibir un indicador PMI de matriz de precodificación transmitido por el equipo de usuario, de manera que el PMI se utiliza para indicar una matriz de precodificación que se ha seleccionado sobre la base de la primera señal de referencia por parte del equipo de usuario, y la matriz de precodificación es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

25 En esta realización de la presente invención, un primer conjunto de señales de referencia está asociado a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, una matriz de precodificación es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, de tal manera que el equipo de

- usuario puede seleccionar, sobre la base del subconjunto de la matriz o conjunto de matrices, la matriz de precodificación y realimentarla al PMI, y un conjunto de la matriz de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema. El libro de códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, la precisión de la realimentación de CSI puede mejorarse sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de ese modo el rendimiento del sistema.
- 5
- 10 De manera opcional, la matriz de precodificación también puede obtenerse de acuerdo con el PMI recibido.
- De manera opcional, como una realización, la matriz o el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario son notificadas por la estación base al equipo de usuario.
- De manera opcional, como otra realización, antes del paso 201, la estación base puede transmitir adicionalmente un segundo conjunto de señales de referencia al equipo de usuario, en donde el segundo conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices. A continuación, la estación base recibe un segundo índice que está determinado sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia por parte del equipo de usuario. El segundo índice se utiliza para indicar a un puerto de antena o a un subconjunto de puertos de antena seleccionados por el equipo de usuario, o a una matriz o a un conjunto de matrices que están asociadas al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antena seleccionados por el equipo de usuario.
- 15
- 20 De manera opcional, el primer conjunto de señales de referencia es un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia.
- De manera opcional, como otra realización, cuando se transmite el segundo conjunto de señales de referencia al equipo de usuario, la estación base puede transmitir señales de referencia del segundo conjunto de señales de referencia al equipo de usuario en diferentes instantes.
- 25 De manera opcional, la matriz o el conjunto de matrices asociadas al segundo conjunto de señales de referencia es específico de célula o específico de sistema.
- De manera opcional, como una realización, antes del paso 201, la estación base puede medir adicionalmente un canal físico de enlace ascendente o una señal física de enlace ascendente, para obtener una estimación de canal del equipo de usuario de acuerdo con la reciprocidad de canal. Sobre la base de un criterio predefinido, la primera señal de referencia y la matriz o el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario son seleccionadas por un usuario. El canal físico de enlace ascendente puede ser un canal físico de control de enlace ascendente (Physical Uplink Control Channel, abreviado PUCCH) o un canal físico compartido de enlace ascendente (Physical Uplink Shared Channel, abreviado PUSCH); la señal física puede ser una señal de referencia de sondeo (Sounding Reference Signal, abreviado SRS) u otra señal de referencia de demodulación de enlace ascendente (DeModulation Reference Signal, abreviado DMRS).
- 30
- 35 De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia puede incluir uno o varios subconjuntos de señales de referencia. El subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas.
- 40 De manera opcional, como otra realización, en el paso 201, la estación base puede transmitir subconjuntos del primer conjunto de señales de referencia al equipo de usuario en instantes diferentes. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a la misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.
- 45 De manera opcional, como otra realización, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación es un producto de dos matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ ,  $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1\mathbf{W}_2$ , en donde la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques, de manera que la matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.
- 50 De manera opcional, la matriz  $\mathbf{W}_2$  se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz  $\mathbf{W}_1$  con el fin de formar la matriz  $\mathbf{W}$ .
- De manera opcional, como otra realización, cada matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de kronecker de dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ . Al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.
- 55 De manera opcional, como otra realización, columnas de al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  son

5 rotaciones de vectores de columna en una matriz en un subconjunto de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, es decir, que un vector  $\mathbf{c}_k$  de columna k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}$  se muestra en la expresión (2) o en la expresión (3); o bien un vector  $\mathbf{d}_l$  de columna l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}$  se muestra en la expresión (4) o en la expresión (5), en donde  $N_V$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos,  $\mathbf{a}_m$  es un vector de columna m-ésima de una matriz  $\mathbf{A}$ , y la matriz  $\mathbf{A}$  es una matriz en la matriz o en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

10 Debe apreciarse que el hecho de que los vectores de columna de la matriz  $\mathbf{C}$  o de la matriz  $\mathbf{D}$  que corresponden a la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  satisfagan las expresiones (2) a (5) no significa que la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  tenga una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$ ; por el contrario, la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente puede tener una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$  o bien una diferente.

De manera opcional, como otra realización, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT, o una matriz formada por vectores de columna de una matriz de Hadamard o una matriz de Householder.

15 De manera opcional, como otra realización, el vector  $\mathbf{a}$  DFT se muestra en la expresión (6), en donde  $N_C \geq N$  o bien  $N_D \geq N$ .

De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye al menos un subconjunto de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia está asociado a un conjunto de la matriz  $\mathbf{C}$  o la matriz  $\mathbf{D}$ .

20 De manera opcional, como otra realización, el subconjunto de señales de referencia tiene un período de transmisión mayor que el que corresponde a otra señal de referencia.

Como una realización de la presente invención, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación puede ser la matriz siguiente:

$$(2M)^{-\frac{1}{2}} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \ e^{j\varphi} \ e^{j(\varphi+\theta)} \ \dots \ e^{j(\varphi+(M-1)\theta)} \right]^T$$

o bien

$$(4M)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \ e^{j\phi} \ e^{j(\phi+\theta)} \ \dots \ e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T \\ e^{j\varphi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \ e^{j\phi} \ e^{j(\phi+\theta)} \ \dots \ e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T \end{bmatrix}$$

25 o bien

$$(2NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ \begin{array}{c} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \\ e^{j\varphi} \left[ \begin{array}{c} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

en donde  $\varphi = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2, \dots$ ,  $\theta = (\pi/16) (2i_1 + \lfloor i_2/4 \rfloor)$ ,  $i_1 = 0, \dots, 15$ ,  $i_2 = 0, \dots, 15$ , y un símbolo " $\lfloor x \rfloor$ " representa un máximo número entero que no es mayor que  $x$ .  $\phi = (k\pi / 32)$ , donde  $k = 0, \dots, 15, \dots, 32$ , y así sucesivamente, o bien  $k = 0, \pm 1, \dots, \pm 15, \pm 16$ , y así sucesivamente.

30 M es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de M puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente. N es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de N puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente.

Como otra realización de la presente invención, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación puede ser la matriz siguiente:

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -\begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \end{bmatrix}$$

o bien

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ j \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -j \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ je^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -je^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ je^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -je^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \end{bmatrix}$$

5 en donde  $\theta = (\pi/16) (2i_1 + \lfloor i_2/4 \rfloor)$ ,  $i_1 = 0, \dots, 15$ ,  $i_2 = 0, \dots, 15$ , y un símbolo " $\lfloor x \rfloor$ " representa un máximo número entero que no es mayor que  $x$ .  $\phi = (k\pi / 32)$ , donde  $k = 0, \dots, 15, \dots, 32$ , y así sucesivamente, o bien  $k = 0, \pm 1, \dots, \pm 15, \pm 16$ , y así sucesivamente.

M es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de M puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente. N es un número entero positivo; por ejemplo, un valor de N puede ser 1, 2, 4, 6, 8, 16, 32, 64, y así sucesivamente.

10 Puede conocerse a partir del estudio de la matriz **W** de precodificación, que la matriz **W** de precodificación puede corresponder a una configuración de antenas realmente desplegadas; puesto que la granularidad de un valor de  $\theta$  es de  $\pi/16$ , puede implementarse una cuantificación espacial más precisa, y puede mejorarse la precisión de realimentación de CSI; aparte de esto, dos columnas de la matriz **W** de precodificación son ortogonales entre sí, y puede reducirse la interferencia entre capas.

15 Las realizaciones de la presente invención se describen más abajo en mayor detalle haciendo referencia a ejemplos específicos. En realizaciones descritas más abajo, se utiliza un eNB como ejemplo de una estación base, y se utiliza un UE como ejemplo de equipo de usuario, pero las realizaciones de la presente invención no están limitadas a ellos y también pueden aplicarse a otros sistemas de comunicaciones.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo esquemático de un método de transmisión multi-antena de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 301: el UE recibe un primer conjunto de señales de referencia, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE).

25 De manera específica, el primer conjunto de señales de referencia recibido por el UE es notificado por un eNB mediante la utilización de una señalización de capa superior, o bien es notificado de manera dinámica por un eNB utilizando un canal de control de enlace descendente. La señal de referencia puede ser una señal de referencia específica de célula (CRS, Cell Specific RS) o bien una señal de referencia de demodulación (DMRS, DeModulation Reference Signal) o bien una señal de referencia de información de estado de canal (CSI-RS, Channel State

Information RS). La señal de referencia puede corresponder a una antena física o también puede corresponder a una antena virtual, en donde la antena virtual es una combinación mediante pesos de múltiples antenas físicas.

El primer conjunto de señales de referencia puede incluir uno o varios subconjuntos de señales de referencia.

5 De manera específica, por ejemplo, el primer conjunto de señales de referencia recibido por el UE es P, que incluye en total ocho señales de referencia, específicamente, p1, p2, p3, ..., p7 y p8. El primer conjunto de señales de referencia puede incluir un subconjunto de señales de referencia. En este caso, el subconjunto de señales de referencia es el mismo que el primer conjunto de señales de referencia, es decir, las ocho señales p1, p2, ..., s8 en P.

10 De manera alternativa, el primer conjunto de señales de referencia puede incluir múltiples subconjuntos de señales de referencia. Por ejemplo, el primer conjunto de señales de referencia es P, e incluye dos subconjuntos P1 y P2 de señales de referencia, en donde  $P1 = \{p1, p2, p3, p4\}$  y  $P2 = \{s5, s6, s7, s8\}$ .

15 Más aún, el subconjunto de señales de referencia incluido en el primer conjunto de señales de referencia puede corresponder a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas. Por ejemplo, el subconjunto  $P1 = \{p1, p2, p3, p4\}$  del primer conjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas; y el subconjunto  $P1 = \{p5, p6, p7, p8\}$  del primer conjunto de señales de referencia corresponde a otro subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas.

20 De manera opcional, como otra realización, el subconjunto de señales de referencia incluido en el primer conjunto de señales de referencia puede corresponder a un subconjunto de puertos que están dispuestos en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas. Por ejemplo, el subconjunto  $P1 = \{p1, p2, p3, p4\}$  del primer conjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas de una columna en una dirección vertical en un sistema de puertos de antenas. El subconjunto  $P2 = \{p5, p6, p7, p8\}$  del primer conjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas en una fila en una dirección horizontal en el sistema de puertos de antenas. De manera alternativa,  $P1 = \{p1, p2, p3, p4\}$  y  $P2 = \{p5, p6, p7, p8\}$  corresponden a subconjuntos de puertos de antenas en dos filas diferentes en el sistema de puertos de antenas de manera separada. De manera alternativa,  $P1 = \{p1, p2, p3, p4\}$  y  $P2 = \{p5, p6, p7, p8\}$  corresponden a subconjuntos de puertos de antenas en dos columnas diferentes en el sistema de puertos de antenas de manera separada.

25 De manera opcional, como otra realización, el subconjunto de señales de referencia incluido en el primer conjunto de señales de referencia puede corresponder a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas. Por ejemplo, el subconjunto  $P1 = \{p1, p2, p3, p4\}$  del primer conjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas. El subconjunto  $P1 = \{p5, p6, p7, p8\}$  del primer conjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antena que está ubicado en otra cuasi-co-localización. Debe apreciarse que el puerto de antena cuasi-co-localizada (QCL, Quasi-Co-Location) hace referencia al hecho de que una distancia entre antenas que corresponde al puerto de antena está comprendida en un intervalo que utiliza una longitud de onda como una dimensión.

35 Debe apreciarse que cada uno de los puertos de antenas antedichos corresponde a una antena física o a una antena virtual, en donde la antena virtual es una combinación mediante pesos de múltiples antenas físicas o de elementos de un sistema de antenas.

40 Más aún, las señales de referencia en los múltiples subconjuntos de señales de referencia incluidos en el primer conjunto de señales de referencia pueden ocupar diferentes recursos de símbolo/frecuencia/secuencia y pueden ser transmitidos en una misma subtrama, o bien pueden ocupar un mismo recurso de símbolo/frecuencia/secuencia y pueden ser transmitidos en subtramas diferentes.

La división antedicha del subconjunto de señales de referencia puede reducir adicionalmente la complejidad de la implementación.

45 De manera específica, el primer conjunto de señales de referencia está asociado a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE); o bien cada señal de referencia en el primer conjunto de señales de referencia puede estar asociada a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE). Por ejemplo, el conjunto de señales de referencia notificado por el eNB es S, que incluye en total ocho señales de referencia, específicamente s1, s2, s3, ..., s7, y s8. Las señales de referencia antedichas están asociadas a matrices w1, w2, ..., y w8 de manera separada, o bien están asociadas a  $\{w1, w2\}$ ,  $\{w2, w3\}$ , ...,  $\{w7, w8\}$ , y  $\{w8, w1\}$  de manera separada.

50 El primer conjunto de señales de referencia está asociado a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices, o bien un subconjunto de señales de referencia del primer conjunto de señales de referencia puede estar asociado a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario. Por ejemplo, el conjunto de señales de referencia notificado por el eNB es S, que incluye en total ocho señales de referencia, específicamente s1, s2, s3, ..., s7, y s8. Un subconjunto  $\{s1, s2, s3, s4\}$  de señales de referencia está asociado a una matriz p1 o a un subconjunto  $\{p1, \dots, pm\}$ , y un subconjunto  $\{s5, s6, s7, s8\}$  de señales de referencia está asociado a una matriz w1 o a un subconjunto  $\{w1, \dots, wn\}$ , en donde m y n son números enteros positivos. De manera alternativa, los

subconjuntos {s1, s2}, {s3, s4}, ..., y {s7, s8} están asociados a matrices w1, w2, w3, w4, respectivamente. De manera alternativa, los subconjuntos {s1, s2}, {s3, s4}, ..., y {s7, s8} están asociados a matrices {w1, w2}, {w3, w4}, ..., {w7, w8}, respectivamente. La matriz en este contexto incluye un vector.

5 Adicionalmente, una asociación o una correspondencia entre el primer conjunto de señales de referencia y una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario puede ser notificada utilizando señalización. Por ejemplo, se notifica utilizando señalización de capa superior, por ejemplo, señalización de Control de Recursos de Radio (RRC, Radio Resource Control) que el subconjunto {s1, s2, s3, s4} de señales de referencia está asociado a una matriz p1 o a un subconjunto {p1, ..., pm} de matrices, y que el subconjunto {s5, s6, s7, s8} de señales de referencia está asociado a una matriz w1 o a un subconjunto {w1, ..., wn} de matrices. De manera alternativa, la asociación o la correspondencia entre el primer conjunto de señales de referencia y una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario se notifica de manera dinámica utilizando Información de Control de Enlace Descendente (DCI, Downlink Control Information). De manera alternativa, múltiples candidatas a relaciones de asociación se notifican utilizando señalización de capa superior, por ejemplo, señalización RRC, y una de las candidatas a relaciones de asociación se notifica adicionalmente de manera dinámica utilizando DCI. De manera específica, cada subconjunto de matrices en la señalización puede estar representadas por un mapa de bits (bitmap). La señalización RRC puede ser una señalización específica de UE, por ejemplo, señalización física dedicada. Aparte de esto, el primer conjunto de señales de referencia y la información de indicación de la matriz o conjunto de matrices específicas de UE pueden transmitirse en la misma señalización dedicada RRC.

20 De manera opcional, como otra realización, una relación de asociación o un mapeo entre el primer conjunto de señales de referencia y una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario también pueden estar predefinidas. Por ejemplo, está predefinido y es conocido tanto por el equipo de usuario como por la estación base que el subconjunto {s1, s2, s3, s4} de señales de referencia está asociado a una matriz p1 o a un subconjunto {p1, ..., pm} de matrices, y que el subconjunto {s5, s6, s7, s8} de señales de referencia está asociado a una matriz w1 o a un subconjunto {w1, ..., wn} de matrices.

25 De manera específica, el primer conjunto de señales de referencia está asociado a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices, o bien el primer conjunto de señales de referencia puede estar asociado a una matriz o a un conjunto de matrices, en donde un subconjunto de la matriz o conjunto de matrices se notifica utilizando señalización o está predefinido. Por ejemplo, una matriz o un subconjunto de matrices se notifica utilizando señalización de capa superior, por ejemplo, señalización RRC, o bien se notifica de manera dinámica utilizando DCI; o bien, se notifica un conjunto de matrices utilizando señalización de capa superior, por ejemplo, señalización RRC, y un subconjunto de matrices en el conjunto de matrices se notifica adicionalmente de manera dinámica utilizando DCI.

De manera específica, una matriz **A** en un subconjunto de la matriz o conjunto de matrices que están asociadas al primer conjunto de señales de referencia puede ser una matriz formada por columnas constituidas por vectores DFT, es decir,

$$35 \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_0 & \mathbf{a}_1 & \dots & \mathbf{a}_{N_a-1} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

en donde

$$\mathbf{a}_k \in \{ \mathbf{f}_0, \mathbf{f}_1, \dots, \mathbf{f}_{N_f-1} \}, k = 0, \dots, N_a - 1 \quad (8)$$

en donde  $N_a \geq 1$  es una cantidad de columnas de la matriz **A**, y  $N_f \geq 1$  es una cantidad de columnas de los vectores DFT;  $\mathbf{f}_n, n = 0, \dots, N_f-1$  son los vectores DFT, es decir,  $\mathbf{f}_n$  se representa como:

$$40 \quad \mathbf{f}_n = \begin{bmatrix} e^{j \frac{2\pi \cdot 0 \cdot n}{N}} & e^{j \frac{2\pi \cdot 1 \cdot n}{N}} & \dots & e^{j \frac{2\pi \cdot (M-1) \cdot n}{N}} \end{bmatrix}^T \quad (9)$$

en donde tanto M como N son números enteros; por ejemplo, para M = N = 4, se tiene:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{f}_0 & \mathbf{f}_1 & \mathbf{f}_2 & \mathbf{f}_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & j & -1 & -j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -j & -1 & j \end{bmatrix} \quad (10)$$

45 De manera específica, una matriz **A** en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE) también pueden ser matrices formadas por vectores de columna de una matriz de Hadamard, es decir:

$$\mathbf{A} = [\mathbf{a}_0 \quad \mathbf{a}_1 \quad \dots \quad \mathbf{a}_{N_a-1}], \quad (11)$$

en donde

$$\mathbf{a}_k \in \{\mathbf{h}_0, \mathbf{h}_1, \dots, \mathbf{h}_{N_h-1}\}, k = 0, \dots, N_a - 1 \quad (12)$$

5 en donde  $N_a \geq 1$  es una cantidad de columnas de la matriz  $\mathbf{A}$ ,  $N_h \geq 1$  es una cantidad de columnas de la matriz de Hadamard, y  $\mathbf{h}_m$ ,  $m = 0, \dots, N_h-1$  son los vectores de columna de la matriz de Hadamard, por ejemplo:

$$[\mathbf{h}_0 \quad \mathbf{h}_1 \quad \mathbf{h}_2 \quad \mathbf{h}_3] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Adicionalmente, el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE) puede incluir al menos dos matrices, en donde una matriz es la matriz  $\mathbf{A}$  descrita anteriormente, y la otra matriz es una matriz  $\mathbf{B}$  formada por columnas que son vectores DFT, o bien por vectores de columna de una matriz de Hadamard, es decir:

$$10 \quad \mathbf{B} = [\mathbf{b}_0 \quad \mathbf{b}_1 \quad \dots \quad \mathbf{b}_{N_b-1}], \quad (14)$$

en donde

$$\mathbf{b}_k \in \{\mathbf{f}'_0, \mathbf{f}'_1, \dots, \mathbf{f}'_{N'_f-1}\}, k = 0, \dots, N_b - 1 \quad (15)$$

o bien

$$\mathbf{b}_k \in \{\mathbf{h}'_0, \mathbf{h}'_1, \dots, \mathbf{h}'_{N'_h-1}\}, k = 0, \dots, N_b - 1 \quad (16)$$

15 en donde  $N_b \geq 1$  es una cantidad de columnas de la matriz  $\mathbf{B}$ ,  $N'_h \geq 1$  y  $N'_f \geq 1$  son una cantidad de columnas de la matriz de Hadamard y una cantidad de columnas de los vectores DFT, respectivamente;  $\mathbf{h}'_m$  es un vector de columna de la matriz de Hadamard;  $\mathbf{f}'_n$  son los vectores DFT, es decir, que  $\mathbf{f}'_n$  se representa como:

$$\mathbf{f}'_n = \left[ e^{j \frac{2\pi \cdot 0 \cdot n}{N'}} \quad e^{j \frac{2\pi \cdot 1 \cdot n}{N'}} \quad \dots \quad e^{j \frac{2\pi \cdot (M'-1) \cdot n}{N'}} \right]^T \quad (17)$$

20 en donde  $M'$ ,  $N'$  son ambos números enteros; en este caso, el primer conjunto de señales de referencia puede estar dividido en dos subconjuntos, que están asociados de manera separada con la matriz  $\mathbf{A}$  y con la matriz  $\mathbf{B}$  o con un subconjunto formado por la matriz  $\mathbf{A}$  y un subconjunto formado por la matriz  $\mathbf{B}$ .

De manera alternativa, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE) también puede ser una matriz  $\mathbf{Y}$  en la forma siguiente:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B} \quad (18)$$

25 en donde  $\mathbf{A}$  y  $\mathbf{B}$  pueden tener las estructuras antedichas mostradas en las expresiones (8) a (13) y las expresiones (14) a (17), respectivamente.

Una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE) puede tener la siguiente estructura:

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 \quad (19)$$

30 en donde una matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques, como, por ejemplo:

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag} \{ \mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2 \} \quad (20)$$

en donde cada matriz por bloques en la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una función de las matrices  $\mathbf{A}$  y  $\mathbf{B}$  o bien una función de una matriz  $\mathbf{Y}$ , como, por ejemplo:

$$\mathbf{X}_i = \text{diag}\{\rho_0, \rho_1, \dots\} \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}, \quad i = 1, 2, \quad (21)$$

o bien

$$\mathbf{X}_i = \text{diag}\{\rho_0, \rho_1, \dots\} \mathbf{Y}, \quad i = 1, 2, \quad (22)$$

en donde  $\rho_0, \rho_1, \dots$  son escalares; por ejemplo,  $\rho_0 = \rho_1 = \dots = 1$ .

- 5 De manera opcional, como otra realización, cada matriz de bloques en la matriz  $\mathbf{W}_1$  puede estar representada como un producto de kronecker de dos matrices, como, por ejemplo:

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{C}_i \otimes \mathbf{D}_i, \quad i = 1, 2, \quad (23)$$

en donde  $\otimes$  representa un producto de kronecker de matrices, y una matriz  $\mathbf{C}_i$  o  $\mathbf{D}_i$  satisfacen lo siguiente:

Una columna  $\mathbf{c}_k$  k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}_i$  satisface:

$$10 \quad \mathbf{c}_k = \text{diag}\{1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi N_V/N_C}\} \mathbf{a}_m, \quad (24)$$

o bien

$$\mathbf{c}_k = \text{diag}\{1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}, e^{j\theta_1}, e^{j\theta_1} e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j\theta_1} e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}\} \mathbf{a}_m, \quad (25)$$

o bien; una columna  $\mathbf{d}_l$  l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}_i$  satisface:

$$\mathbf{d}_l = \text{diag}\{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D}\} \mathbf{b}_n, \quad (26)$$

- 15 o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag}\{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}, e^{j\phi_1}, e^{j\phi_1} e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j\phi_1} e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}\} \mathbf{b}_n, \quad (27)$$

en donde  $N_V, N_H, N_C$  y  $N_D$  son todos ellos números enteros positivos, los vectores  $\mathbf{a}_i$  y  $\mathbf{b}_i$  son columnas de la matriz  $\mathbf{A}$  y de la matriz  $\mathbf{B}$ , respectivamente, y  $\theta$  y  $\phi$  son desplazamientos de fase cuyos valores pueden ser  $0, \pi, \pm\pi/2, \pm\pi/4, \pm\pi/8$ , y así sucesivamente.

- 20 Debe apreciarse que un valor de  $N_C$  o de  $N_D$  puede ser infinito y, por lo tanto, puede cumplirse  $2\pi/N_C = 0$  o bien  $2\pi/N_D = 0$  y, en este caso,  $\mathbf{c}_k = \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{c}_k = \text{diag}\{1, 1, \dots, 1, e^{j\theta_1}, e^{j\theta_1}, \dots, e^{j\theta_1}\} \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{d}_l = \mathbf{a}_m$ , o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag}\{1, 1, \dots, 1, e^{j\phi_1}, e^{j\phi_1}, \dots, e^{j\phi_1}\} \mathbf{a}_m.$$

Adicionalmente, vectores  $\mathbf{c}_k$  y  $\mathbf{d}_k$  en las expresiones (24) a (27) pueden tener una granularidad más fina que la de  $\mathbf{a}_i$  y  $\mathbf{b}_i$ , respectivamente; es decir:

$$25 \quad N_C \geq N \text{ o bien } N_D \geq N' \quad (28)$$

- Adicionalmente, un conjunto formado por los antedichos vectores o matrices  $\mathbf{A}$  o  $\mathbf{B}$  o  $\mathbf{Y}$  o  $\mathbf{W}$  es  $\mathbf{C}_A$  o  $\mathbf{C}_B$  o  $\mathbf{C}_Y$  o  $\mathbf{C}_W$ , y pueden dividirse adicionalmente en múltiples subconjuntos (el subconjunto puede incluir sólo un elemento), y cada subconjunto puede estar asociado a o tener una relación de mapeo con un identificador de equipo de usuario. Por ejemplo, un subconjunto  $\mathbf{C}^{(1)}_A$  en  $\mathbf{C}_A$  está asociado a o está mapeado a un identificador  $ID_1$  de equipo de usuario y otro subconjunto  $\mathbf{C}^{(2)}_A$  en  $\mathbf{C}_A$  está asociado a o está mapeado a un identificador  $ID_2$  de equipo de usuario. Los subconjuntos  $\mathbf{C}^{(1)}_A$  y  $\mathbf{C}^{(2)}_A$  pueden tener intersección, o pueden no tener intersección. Una asociación o una relación de mapeo entre los antedichos vectores o matrices o subconjuntos de la matriz con el identificador de equipo de usuario pueden estar predefinidas, o también pueden ser notificadas por el eNB al UE, por ejemplo, notificadas mediante la utilización de señalización de capa superior, por ejemplo, señalización RRC o un canal de control de enlace descendente. Cada subconjunto puede incluir sólo un elemento. De manera alternativa, el conjunto de señales de referencia puede estar asociado a un identificador de equipo de usuario. Por ejemplo, el conjunto de señales de referencia notificado por el eNB es  $S$ , que incluye en total ocho señales de referencia, específicamente  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_7$ , y  $s_8$ . La señal de referencia antedicha está asociada a un identificador  $ID_0$  de equipo de usuario; o bien el conjunto de señales de referencia recibido por el UE puede estar dividido en dos o más subconjuntos, y los subconjuntos están asociados a identificadores de equipo de usuario específicos de manera separada. Por ejemplo, el conjunto de señales de referencia recibido por el UE puede estar dividido en dos subconjuntos, uno de ellos

incluyendo señales s1, s2, s3, s4 de referencia y el otro incluyendo señales s5, s6, s7, s8, y en ese caso s1, s2, s3, s4 están asociados a identificadores ID<sub>1</sub> e ID<sub>2</sub> de equipo de usuario. Una asociación o una relación de mapeo entre el conjunto de señales de referencia y un identificador de equipo de usuario puede estar predefinida, o bien puede ser notificada por el eNB.

- 5 Debe apreciarse que el identificador de equipo de usuario no es necesariamente un UE ID en un protocolo de comunicaciones específico, por ejemplo, LTE, sino que también puede ser un parámetro específico que se utiliza para distinguir un atributo de equipo de usuario, como por ejemplo un índice o un desplazamiento en un grupo de usuarios o en un grupo de UE, o simplemente un índice o un desplazamiento utilizado en un mismo grupo de usuarios o grupo de UE. El desplazamiento o el índice facilitan la implementación de una distinción de atributos relacionada con diferentes haces entre equipos de usuario o grupos de usuarios.

10 Adicionalmente, las señales de referencia en el conjunto de señales de referencia pueden ser transmitidas en instantes diferentes, por ejemplo, en diferentes subtramas, y los diferentes instantes pueden estar asociados a o mapeados a diferentes vectores/matrices o a diferentes subconjuntos de conjuntos de matrices. Los vectores/matrices diferentes o los diferentes subconjuntos de conjuntos de matrices a los que están asociadas o mapeadas las señales de referencia en diferentes instantes pueden estar predefinidos, o también pueden ser notificados por el eNB, como por ejemplo notificados utilizando señalización RRC.

302: El UE selecciona una matriz de precodificación sobre la base de un primer conjunto de señales de referencia, en donde la matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

- 20 De manera específica, el hecho de que la matriz de precodificación sea una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario incluye que:

la matriz de precodificación es un producto de dos matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ , es decir:

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 \quad (29)$$

- 25 en donde la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una función de una matriz  $\mathbf{A}$  o de una matriz  $\mathbf{B}$ , y la matriz  $\mathbf{A}$  o la matriz  $\mathbf{B}$  son una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario; por ejemplo,  $\mathbf{W}_1$  es la matriz  $\mathbf{A}$  o la matriz  $\mathbf{B}$ ;

o bien,

la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques, en donde la matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz  $\mathbf{A}$  o de la matriz  $\mathbf{B}$ , por ejemplo:

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag} \{ \mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2 \} \quad (30)$$

- 30 en donde cada matriz por bloques en la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una función de la matriz  $\mathbf{A}$  o de la matriz  $\mathbf{B}$ , por ejemplo

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{A}, \quad i = 1, 2 \quad (31)$$

o bien

$$\mathbf{X}_i = \text{diag} \{ \rho_0, \rho_1, \dots \} \mathbf{A}, \quad i = 1, 2 \quad (32)$$

- 35 en donde  $\rho_0, \rho_1, \dots$  son escalares, o también pueden ser números reales no negativos, o también pueden ser números complejos, o bien:

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{C}_i \otimes \mathbf{D}_i, \quad i = 1, 2 \quad (33)$$

en donde  $\otimes$  representa un producto de kronecker de dos matrices, en donde una columna  $\mathbf{c}_k$  k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}_i$  o una columna  $\mathbf{d}_l$  l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}_i$  satisfacen las siguientes relaciones:

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \{ 1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi N_V/N_C} \} \mathbf{a}_m, \quad (34)$$

- 40 o bien

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}, e^{j\theta_l}, e^{j\theta_l} e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j\theta_l} e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C} \right\} \mathbf{a}_m, \quad (35)$$

o bien:

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D} \right\} \mathbf{b}_n, \quad (36)$$

o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}, e^{j\phi_l}, e^{j\phi_l} e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j\phi_l} e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D} \right\} \mathbf{b}_n, \quad (37)$$

5 en donde  $N_v$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son todos ellos números enteros positivos, un vector  $\mathbf{a}_m$  y un vector  $\mathbf{b}_n$  son un vector de columna m-ésima de la matriz  $\mathbf{A}$  y un vector de columna n-ésima de la matriz  $\mathbf{B}$ , respectivamente, y  $\theta_l$  y  $\phi_l$  son desplazamientos de fase cuyos valores pueden ser 0,  $\pi$ ,  $\pm\pi/2$ ,  $\pm\pi/4$ ,  $\pm\pi/8$ , y así sucesivamente.

Debe apreciarse que un valor de  $N_C$  o de  $N_D$  puede ser infinito y, por lo tanto, puede cumplirse  $2\pi/N_C = 0$  o bien  $2\pi/N_D = 0$  y, en este caso,  $\mathbf{c}_k = \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, 1, \dots, 1, e^{j\theta_l}, e^{j\theta_l}, \dots, e^{j\theta_l} \right\} \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{d}_l = \mathbf{b}_n$ , o bien  $\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, 1, \dots, 1, e^{j\phi_l}, e^{j\phi_l}, \dots, e^{j\phi_l} \right\} \mathbf{b}_n$ .

10 Al menos una matriz de entre la matriz  $\mathbf{A}$  o la matriz  $\mathbf{B}$  es una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

En este caso, un vector de columna en la matriz  $\mathbf{W}_2$  puede tener una estructura  $\mathbf{y}_n = \left[ \mathbf{e}_n^T \quad e^{j\theta_n} \mathbf{e}_n^T \right]^T$ , en donde  $\mathbf{e}_n$  representa un vector de selección, en el que todos los elementos son 0 salvo el n-ésimo elemento que vale 1, y  $\theta_n$  es un desplazamiento de fase. En un ejemplo, las matrices  $\mathbf{X}_1$  y  $\mathbf{X}_2$  por bloques tienen cada una de ellas 4 columnas, y la matriz  $\mathbf{W}_2$  puede representarse como:

15

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\} \quad (38)$$

$$\mathbf{Y} \in \{ \tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_4 \} \quad (39)$$

o bien

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (40)$$

20

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_1), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_4), (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_4), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4) \} \quad (41)$$

en donde  $\tilde{\mathbf{e}}_n$ ,  $n = 1, 2, 3, 4$  representa un vector de selección de tamaño  $4 \times 1$ , en el que todos los elementos del vector valen 0 salvo el n-ésimo elemento que vale 1.

En un ejemplo, las matrices  $\mathbf{X}_1$  y  $\mathbf{X}_2$  por bloques tienen cada una de ellas 8 columnas, y la matriz  $\mathbf{W}_2$  puede representarse como:

25

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\} \quad (42)$$

$$\mathbf{Y} \in \{ \mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4, \mathbf{e}_5, \mathbf{e}_6, \mathbf{e}_7, \mathbf{e}_8 \} \quad (43)$$

o bien

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (44)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{ (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_1), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_2), (\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_3), (\mathbf{e}_4, \mathbf{e}_4), (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3), (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_4), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_4) \} \quad (45)$$

30 en donde  $\mathbf{e}_n$ ,  $n = 1, 2, 3, 4$  representa un vector de selección de tamaño  $8 \times 1$ , en el que todos los elementos del vector valen 0 salvo el n-ésimo elemento que vale 1.

De manera alternativa,

la matriz  $\mathbf{W}_1$  incluye solamente una matriz por bloques, es decir,  $\mathbf{W}_1 = \mathbf{X}$ , y la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es una función de la matriz  $\mathbf{A}$  o de la matriz  $\mathbf{B}$ . Por ejemplo, la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de Kronecker de dos matrices  $\mathbf{A}$  y  $\mathbf{B}$ , es decir:

$$5 \quad \mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B} \quad (46)$$

en donde la matriz  $\mathbf{A}$  por la matriz  $\mathbf{B}$  es una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE);

o bien,

10 la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de Kronecker (kronecker) de dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ . Al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  es una función de la matriz  $\mathbf{A}$  o de la matriz  $\mathbf{B}$ . Por ejemplo,

Columnas de al menos una matriz entre las matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  son rotaciones de vectores de columna en la matriz  $\mathbf{A}$  o en la matriz  $\mathbf{B}$ , es decir, que un vector  $\mathbf{c}_k$  de columna k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}$  es:

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi N_V/N_C}\} \mathbf{a}_m, \quad (47)$$

o bien

$$15 \quad \mathbf{c}_k = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\theta_{\square}} e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j\theta_{\square}} e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}\} \mathbf{a}_m, \quad (48)$$

o bien, un vector  $\mathbf{d}_l$  de columna l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}$  es:

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D}\} \mathbf{b}_n, \quad (49)$$

o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}, e^{j\phi_{\square}}, e^{j\phi_{\square}} e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j\phi_{\square}} e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}\} \mathbf{b}_n, \quad (50)$$

20 en donde  $N_V$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos, un vector  $\mathbf{a}_m$  y un vector  $\mathbf{b}_n$  son vectores de columna m-ésima de una matriz  $\mathbf{A}$  y n-ésima de una matriz  $\mathbf{B}$ , respectivamente, y  $\theta_{\square}$  y  $\phi_{\square}$  son desplazamientos de fase cuyos valores pueden ser 0,  $\pi$ ,  $\pm\pi/2$ ,  $\pm\pi/4$ ,  $\pm\pi/8$ , y así sucesivamente.

Debe apreciarse que un valor de  $N_C$  o de  $N_D$  puede ser infinito y, por lo tanto, puede cumplirse  $2\pi/N_C = 0$  o bien  $2\pi/N_D = 0$  y, en este caso,  $\mathbf{c}_k = \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{c}_k = \text{diag} \{1, 1, \dots, 1, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\theta_{\square}}, \dots, e^{j\theta_{\square}}\} \mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{d}_l = \mathbf{b}_n$ , o bien

$$25 \quad \mathbf{d}_l = \text{diag} \{1, 1, \dots, 1, e^{j\phi_{\square}}, e^{j\phi_{\square}}, \dots, e^{j\phi_{\square}}\} \mathbf{b}_n.$$

De manera opcional, en este caso, la matriz  $\mathbf{W}_2$  es una matriz de selección de columna y se utiliza para seleccionar r columnas de  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ , en donde r es un rango de una matriz de precodificación. Por ejemplo, la matriz  $\mathbf{W}_2$  puede utilizarse para seleccionar siempre las primeras r columnas en  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ , y entonces:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{e}_1 \quad \mathbf{e}_2 \quad \dots \quad \mathbf{e}_r] \quad (51)$$

30 en donde  $\mathbf{e}_i$  representa un vector de columna unitario, en el que todos los elementos son 0 excepto el i-ésimo elemento que vale 1.

Adicionalmente, vectores  $\mathbf{c}_k$  y  $\mathbf{d}_k$  en las expresiones (47) a (50) pueden tener una granularidad más fina que la de  $\mathbf{a}_i$  y  $\mathbf{b}_i$ , respectivamente; es decir:

$$N_D \geq N \text{ o bien } N_D \geq N \quad (52)$$

35 303: El UE transmite un indicador PMI de matriz de precodificación a la estación base, en donde el PMI corresponde a la matriz de precodificación seleccionada.

El indicador PMI de matriz de precodificación puede incluir uno o varios índices.

De manera específica, el indicador PMI de matriz de precodificación puede incluir un índice. En este caso, el índice indica directamente la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación. Por ejemplo, existen en total 16 diferentes matrices de

precodificación, y en este caso puede utilizarse un valor de índice  $n = 0, \dots, 15$  para indicar que la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación tiene un número de marca de  $0, 1, \dots, 15$ , respectivamente.

5 De manera alternativa, el indicador PMI de matriz de precodificación también puede tener dos índices, por ejemplo,  $i_1$  e  $i_2$ . Las matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$  en la expresión (29) se indican utilizando  $i_1$  e  $i_2$  respectivamente, de tal manera que  $i_1$  e  $i_2$  indican la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación.

10 Más aún, el índice  $i_1$  puede reportarse sobre la base de un subconjunto de  $\mathbf{W}_1$ . Por ejemplo, un conjunto universal de  $\mathbf{W}_1$  es  $Q$ , y subconjuntos del conjunto  $Q$  son  $Q_0, \dots, Q_3$  de manera separada. En este caso, el índice  $i_1$  se utiliza para indicar una matriz  $\mathbf{W}_1$  en un subconjunto  $Q_k$ , en donde  $Q_k$  puede ser un subconjunto en  $Q_0, Q_1, \dots, Q_3$ .  $Q_k$  puede estar predefinido, o puede estar determinado y reportado por un UE, o bien también puede ser notificado por el eNB al UE. Los subconjuntos  $Q_0, \dots, Q_3$  pueden no intersectar uno con otro, es decir, una intersección de los subconjuntos puede ser un conjunto vacío; o bien los subconjuntos  $Q_0, \dots, Q_3$  pueden intersectar uno con otro, es decir, una intersección de los subconjuntos puede no ser un conjunto vacío.

15 De manera alternativa, también pueden existir tres índices reportados por el UE y el usuario para indicar la matriz de decodificación, por ejemplo,  $i_3, i_4$  e  $i_5$ .  $\mathbf{X}_1$  y  $\mathbf{X}_2$  en la expresión (30) se indican de manera implícita utilizando  $i_3$  e  $i_4$ , respectivamente, y  $\mathbf{W}_2$  se indica de manera implícita utilizando  $i_5$ . Por lo tanto,  $i_3, i_4$  e  $i_5$  indican la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación.

20 Adicionalmente, el índice  $i_3$  puede reportarse sobre la base de un subconjunto de  $\mathbf{X}_1$ . Por ejemplo, un conjunto universal de  $\mathbf{X}_1$  es  $R$ , y subconjuntos del conjunto  $R$  son  $R_0, \dots, R_7$  de manera separada. En este caso, el índice  $i_3$  se utiliza para indicar una matriz  $\mathbf{X}_1$  en un subconjunto  $R_k$ .  $R_k$  puede ser un subconjunto en  $R_0, R_1, \dots, R_7$ .  $R_k$  puede estar predefinido, o puede estar determinado y reportado por el UE, o bien también puede ser notificado por el eNB al UE. Los subconjuntos  $R_0, \dots, R_7$  pueden no intersectar uno con otro, es decir, una intersección de los subconjuntos puede ser un conjunto vacío; o bien los subconjuntos  $R_0, \dots, R_7$  pueden intersectar uno con otro, es decir, una intersección de los subconjuntos puede no ser un conjunto vacío; de manera similar,  $i_4$  e  $i_5$  pueden reportarse sobre la base de subconjuntos de  $\mathbf{X}_2$  y  $\mathbf{W}_2$ , respectivamente. Los subconjuntos de  $\mathbf{X}_2$  y  $\mathbf{W}_2$  pueden estar predefinidos, o bien pueden estar determinados y reportados por el UE, o bien también pueden ser notificados por el eNB al UE.

30 De manera alternativa, los índices reportados por el UE y utilizados para indicar la matriz de precodificación también pueden ser otros tres índices, por ejemplo,  $i_6, i_7$  e  $i_8$ .  $\mathbf{C}_1$  y  $\mathbf{D}_1$  en la expresión (33) se indican de manera implícita utilizando  $i_6$  e  $i_7$ , respectivamente, y  $\mathbf{W}_2$  se indica de manera implícita utilizando  $i_8$ . Por lo tanto,  $i_6, i_7$  e  $i_8$  indican la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación y, en este caso,  $\mathbf{C}_1 = \mathbf{C}_2$  y  $\mathbf{D}_1 = \mathbf{D}_2$ .

35 Adicionalmente, el índice  $i_6$  puede reportarse sobre la base de un subconjunto de  $\mathbf{C}_1$ . Por ejemplo, un conjunto universal de  $\mathbf{C}_1$  es  $O$ , y subconjuntos del conjunto  $O$  son  $O_0, \dots, O_7$  de manera separada. En este caso, el índice  $i_6$  se utiliza para indicar una matriz  $\mathbf{C}_1$  en un subconjunto  $O_k$ .  $O_k$  puede ser un subconjunto en  $O_0, O_1, \dots, O_7$ .  $O_k$  puede estar predefinido, o también puede estar determinado y reportado por el UE, o también puede ser notificado por el eNB al UE. Los subconjuntos  $O_0, \dots, O_7$  pueden no intersectar uno con otro, es decir, una intersección de los subconjuntos puede ser un conjunto vacío; o bien los subconjuntos  $O_0, \dots, O_7$  pueden intersectar uno con otro, es decir, una intersección de los subconjuntos puede no ser un conjunto vacío; de manera similar,  $i_7$  e  $i_8$  pueden reportarse sobre la base de subconjuntos de  $\mathbf{D}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ , respectivamente. Los subconjuntos de  $\mathbf{D}_1$  y  $\mathbf{W}_2$  pueden estar predefinidos, o pueden estar determinados y reportados por el UE, o también pueden ser notificados por el eNB al UE.

40 De manera específica, los índices reportados por el UE y utilizados para indicar la matriz de precodificación también pueden ser cuatro índices, por ejemplo,  $i_9, i_{10}, i_{11}$  e  $i_{12}$ .  $\mathbf{C}_1$  y  $\mathbf{C}_2$  en la expresión (33) se indican de manera implícita utilizando  $i_9$  e  $i_{10}$ , respectivamente, y  $\mathbf{D}_1 = \mathbf{D}_2$  y  $\mathbf{W}_2$  se indican utilizando  $i_{11}$  e  $i_{12}$ , respectivamente. Por lo tanto,  $i_9, i_{10}, i_{11}$  e  $i_{12}$  indican la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación.

45 Adicionalmente,  $i_9, i_{10}, i_{11}$  e  $i_{12}$  pueden reportarse sobre la base de subconjuntos de  $\mathbf{C}_1, \mathbf{C}_2, \mathbf{D}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ , respectivamente. Los subconjuntos de  $\mathbf{C}_1, \mathbf{C}_2, \mathbf{D}_1$  y  $\mathbf{W}_2$  pueden estar predefinidos, o pueden estar determinados y reportados por el UE, o también pueden ser notificados por el eNB al UE.

50 De manera específica, cuando el UE selecciona la matriz de precodificación y determina un primer índice sobre la base del primer conjunto de señales de referencia, el valor del índice puede calcularse sobre la base de un subconjunto de señales de referencia. Por ejemplo, el valor  $n$  de índice antedicho se calcula sobre la base del subconjunto  $P$  de señales de referencia en el paso 301, o bien los valores  $i_1$  e  $i_2$ , o  $i_3, i_4, e i_5$ , o  $i_6, i_7, e i_8$ , o  $i_9, i_{10}, i_{11}$  e  $i_{12}$  se calculan sobre la base del subconjunto  $P$  de señales de referencia en el paso 1.

55 De manera alternativa, el valor del índice puede calcularse como una combinación sobre la base de múltiples subconjuntos de señales de referencia. Por ejemplo, el valor  $n$  de índice se calcula sobre la base de los subconjuntos  $P_1$  y  $P_2$  de señales de referencia en el paso 301, o bien los valores  $i_1$  e  $i_2$ , o  $i_3, i_4, e i_5$ , o  $i_6, i_7, e i_8$ , o  $i_9, i_{10}, i_{11}$  e  $i_{12}$  se calculan sobre la base de los subconjuntos  $P_1$  y  $P_2$  de señales de referencia en el paso 1.

De manera alternativa, los valores de índice se calculan de manera separada sobre la base de múltiples

subconjuntos de señales de referencia. Por ejemplo, el valor  $i_3$  de índice se calcula sobre la base del subconjunto P1 de señales de referencia en el paso 301, y los valores  $i_4$  e  $i_5$  de índice se calculan sobre la base del subconjunto P2 de señales de referencia en el paso 301. De manera alternativa, el valor  $i_6$  de índice se calcula sobre la base del subconjunto P1 de señales de referencia en el paso 301, y los valores  $i_7$  e  $i_8$  de índice se calculan sobre la base del subconjunto P2 de señales de referencia en el paso 301. De manera alternativa, los valores  $i_9$  e  $i_{10}$  de índice se calculan sobre la base del subconjunto P1 de señales de referencia en el paso 301, y los valores  $i_{11}$  e  $i_{12}$  de índice se calculan sobre la base del subconjunto P2 de señales de referencia en el paso 301.

De manera específica, el UE puede determinar el o los índices antedichos de acuerdo con un estado de canal medido sobre la base de un criterio preestablecido, y el criterio preestablecido puede ser un criterio de caudal de tráfico máximo o un criterio de máxima capacidad. Después de que se obtengan el o los índices, el UE puede realimentar los índices al eNB utilizando un canal PUCCH o un canal PUSCH.

Adicionalmente, el indicador PMI de matriz de precodificación puede incluir uno o varios índices, y el UE puede reportar los índices al eNB a través de diferentes subtramas utilizando un canal físico de control de enlace ascendente (PUCCH, Physical Uplink Control Channel).

Adicionalmente incluso, los múltiples índices diferentes antedichos pueden reportarse al eNB a través de diferentes subtramas para diferentes sub-bandas en un dominio frecuencial.

Debe apreciarse particularmente que matrices que corresponden a los índices pueden ser matrices individuales, de tal manera que no es necesario realimentar índices correspondientes. La matriz individual puede ser una matriz predefinida, o también puede notificarse por parte de una estación base utilizando señalización, o bien también puede obtenerse de manera implícita de acuerdo con otros parámetros. Por ejemplo,  $\mathbf{W}_2$  se selecciona de manera fija como la matriz que se muestra en la expresión (51), de tal manera que un índice correspondiente a  $\mathbf{W}_2$  no necesita ser realimentado. En este caso,  $\mathbf{W}_2$  se obtiene de manera implícita de acuerdo con un rango  $r$  de la matriz de precodificación.

304: La estación base obtiene la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación sobre la base del indicador PMI de matriz de precodificación.

305: La estación base utiliza la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación para transmitir un vector  $\mathbf{S}$  de señal. Específicamente, después de la precodificación, un vector de señal transmitida es  $\mathbf{W}_s$ .

306: El UE recibe la señal transmitida por la estación base y lleva a cabo una detección de datos. Específicamente, la señal recibida por el UE es:

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{W}\mathbf{s} + \mathbf{n}$$

en donde  $\mathbf{y}$  es un vector de señal recibida,  $\mathbf{H}$  es una matriz de canal obtenida mediante estimación, y  $\mathbf{n}$  es el ruido y la interferencia medidos.

De este modo, un primer conjunto de señales de referencia está asociado a o corresponde a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, y una matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario. Por lo tanto, el equipo de usuario puede seleccionar, sobre la base de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, la matriz de precodificación y realimentar un PMI, y un conjunto de la matriz de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema. El libro de códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, la precisión de realimentación de CSI puede mejorarse sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.

Aparte de eso, se utiliza una estructura  $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1\mathbf{W}_2$  de libro de códigos, en donde  $\mathbf{W}_1 = \text{diag} \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2\}$  y  $\mathbf{X}_i = \mathbf{C}_i \otimes \mathbf{D}_i$ ,  $i = 1, 2$ , o bien  $\mathbf{W}_1 = \mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ , puede soportarse de manera efectiva la cuantificación en una dirección vertical y en una dirección horizontal, y se utilizan completamente grados de libertad en una dirección horizontal y en una dirección vertical de un sistema AAS de antena activa, de tal manera que mejora la precisión de realimentación, y mejora el rendimiento MIMO, especialmente el rendimiento MU-MIMO.

Más aún, uno o varios índices se realimentan sobre la base de un subconjunto para indicar una matriz de precodificación, y se utiliza completamente la correlación entre tiempo / dominio de frecuencia / espacio de un canal, de tal manera que la sobrecarga de realimentación se reduce fuertemente.

Adicionalmente, antes del paso 301 de recibir un primer conjunto de señales de referencia transmitido por una estación base, pueden incluirse adicionalmente los siguientes pasos opcionales:

recibir un segundo conjunto de señales de referencia transmitido por la estación base, en donde el segundo conjunto

de señales de referencia está asociado a un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices; y

5 determinar y reportar, por parte del UE sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia recibido, un segundo índice, en donde el segundo índice se utiliza para indicar un puerto de antena o un subconjunto de puertos de antenas, inicialmente seleccionadas por el UE, en el segundo conjunto de señales de referencia, o un subconjunto de la matriz o conjunto de matrices que está asociado al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antenas inicialmente seleccionadas por el UE.

El primer conjunto de señales de referencia es un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia, o bien el segundo conjunto de señales de referencia es un conjunto superior (súper conjunto) del primer conjunto de señales de referencia.

10 De manera específica, que el primer conjunto señales de referencia sea un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia (o, de manera equivalente, que el segundo conjunto de señales de referencia sea un conjunto superior del primer conjunto de señales de referencia) incluye que: el segundo conjunto de señales de referencia es el mismo que el primer conjunto de señales de referencia; o bien que el segundo conjunto de señales de referencia es un subconjunto en sí del primer conjunto de señales de referencia y, en este caso, una cantidad de señales de referencia incluidas en el segundo conjunto de señales de referencia es inferior a una cantidad de señales de referencia incluidas en el primer conjunto de señales de referencia.

15 Adicionalmente, la estación base utiliza una señal de referencia o un subconjunto de señales de referencia que corresponde al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antenas, inicialmente seleccionada por el UE e indicada por el segundo índice que es reportado por el UE, en el segundo conjunto de señales de referencia, como primer conjunto de señales de referencia; o bien la estación base utiliza un subconjunto de una matriz o conjunto de matrices que están asociadas al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antenas inicialmente seleccionadas por el UE e indicada por el segundo índice que es reportado por el UE, como una matriz o conjunto de matrices que están asociadas al primer conjunto de señales de referencia.

20 Debe apreciarse que la operación basada en el segundo índice llevada a cabo por la estación base no está limitada en esta realización de la presente invención. En otras palabras, la estación base puede referirse al segundo índice como asistencia, pero la estación base también puede no referirse al segundo índice.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques de un equipo de usuario de acuerdo con una realización de la presente invención. El equipo 40 de usuario en la FIG. 4 incluye una unidad 41 de recepción, una unidad 42 de determinación, y una unidad 43 de transmisión.

30 La unidad 41 de recepción recibe un primer conjunto de señales de referencia transmitido por una estación base, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE). La unidad 42 de determinación selecciona una matriz de precodificación sobre la base del primer conjunto de señales de referencia, en donde la matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario. La unidad 43 de transmisión transmite un indicador PMI de matriz de precodificación a la estación base, de manera que el PMI corresponde a la matriz de precodificación seleccionada.

35 En esta realización de la presente invención, un primer conjunto de señales de referencia está asociado a o corresponde a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, una matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, de tal manera que el PMI puede seleccionar, sobre la base de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, la matriz de precodificación y realimentar un PMI, y un conjunto de la matriz de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema. El libro de códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, puede mejorarse la precisión de realimentación de CSI sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.

40 De manera opcional, como una realización, la unidad 41 de recepción está configurada adicionalmente para recibir la matriz o el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario notificadas por la estación base.

45 De manera opcional, como otra realización, la unidad de recepción está configurada adicionalmente para: antes de que se reciba el primer conjunto de señales de referencia, recibir un segundo conjunto de señales de referencia transmitido por la estación base, en donde el segundo conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o conjunto de matrices; la unidad de determinación está configurada adicionalmente para determinar un segundo índice sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia, en donde el segundo índice se utiliza para indicar un puerto de antena o un subconjunto de puertos de antenas seleccionadas por el equipo de usuario, o una matriz o conjunto de matrices que están asociadas con el puerto de antena o el subconjunto de puertos de antenas seleccionadas por el equipo de usuario; y la unidad de transmisión está configurada adicionalmente para transmitir el

segundo índice a la estación base.

De manera opcional, el primer conjunto de señales de referencia es un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia.

5 De manera opcional, la matriz o el conjunto de matrices asociadas al segundo conjunto de señales de referencia es específico de célula o específico de sistema.

10 De manera opcional, como otra realización, la unidad de recepción está configurada específicamente para recibir señales de referencia del segundo conjunto de señales de referencia que son transmitidas en diferentes instantes por la estación base. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a matrices diferentes de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

15 De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye uno o varios subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas.

20 De manera opcional, como otra realización, la unidad de recepción está configurada específicamente para recibir señales de referencia del primer conjunto de señales de referencia que son transmitidas en instantes diferentes por la estación base. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

De manera opcional, como otra realización, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación es un producto de dos matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ ,  $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1\mathbf{W}_2$ , en donde la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques, de manera que la matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

25 De manera opcional, la matriz  $\mathbf{W}_2$  se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz  $\mathbf{W}_1$  con el fin de formar la matriz  $\mathbf{W}$ .

De manera opcional, como otra realización, cada matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de Kronecker (kronecker) de dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ , y al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

30 De manera opcional, como otra realización, columnas de al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  son rotaciones de vectores de columna en una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, es decir, que un vector  $\mathbf{c}_k$  de columna k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}$  se muestra en la expresión (2) o en la expresión (3); o bien un vector  $\mathbf{d}_l$  de columna l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}$  se muestra en la expresión (4) o en la expresión (5), en donde  $N_V$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos,  $\mathbf{a}_m$  es un vector de columna m-ésima de una matriz  $\mathbf{A}$ ,  
35 y la matriz  $\mathbf{A}$  es una matriz en la matriz o en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

40 Debe apreciarse que el hecho de que los vectores de columna de la matriz  $\mathbf{C}$  o de la matriz  $\mathbf{D}$  que corresponden a la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  satisfagan las expresiones (2) a (5) no significa que la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  tenga una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$ ; por el contrario, la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente puede tener una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$  o bien una diferente.

De manera opcional, como otra realización, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT, o una matriz formada por vectores de columna de una matriz de Hadamard o una matriz de Householder.

45 De manera opcional, como otra realización, el vector  $\mathbf{a}_i$  DFT se muestra en la expresión (6), en donde  $N_C \geq N$  o bien  $N_D \geq N$ .

De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye al menos un subconjunto de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia está asociado a un conjunto de la matriz  $\mathbf{C}$  o la matriz  $\mathbf{D}$ .

50 De manera opcional, como otra realización, el subconjunto de señales de referencia tiene un período de transmisión mayor que el que corresponde a otra señal de referencia.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques de una estación base de acuerdo con una realización de la presente invención. La estación 50 base en la FIG. 5 incluye una unidad 51 de transmisión y una unidad 52 de recepción.

La unidad 51 de transmisión está configurada para transmitir un primer conjunto de señales de referencia a un

5 equipo de usuario, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE); y la unidad 52 de recepción está configurada para recibir un indicador PMI de matriz de precodificación transmitido por el equipo de usuario, de manera que el PMI se utiliza para indicar una matriz de precodificación que se ha seleccionado sobre la base de la primera señal de referencia por parte del equipo de usuario, y la matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

10 En esta realización de la presente invención, un primer conjunto de señales de referencia está asociado a o corresponde a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, una matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, de tal manera que el equipo de usuario puede seleccionar, sobre la base de la matriz o conjunto de matrices, la matriz de precodificación y realimentar un PMI, y un conjunto de la matriz de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema. El libro de códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, puede mejorarse la precisión de realimentación de CSI sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.

20 De manera opcional, la estación 50 base puede incluir adicionalmente una unidad 53 de adquisición, configurada para obtener la matriz de precodificación de acuerdo con el PMI recibido.

De manera opcional, como una realización, la unidad 51 de transmisión está configurada adicionalmente por notificar al equipo de usuario la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

25 De manera opcional, como otra realización, la unidad 51 de transmisión está configurada adicionalmente para: antes de que se transmita el primer conjunto de señales de referencia al equipo de usuario, transmitir un segundo conjunto de señales de referencia al equipo de usuario, en donde el segundo conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o un conjunto de matrices; y la unidad de recepción está configurada adicionalmente para recibir un segundo índice que se determina sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia por parte del equipo de usuario, en donde el segundo índice se utiliza para indicar un puerto de antena o un subconjunto de puertos de antenas seleccionadas por el equipo de usuario, o una matriz o un conjunto de matrices que están asociadas al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antenas seleccionadas por el equipo de usuario.

30 De manera opcional, el primer conjunto de señales de referencia es un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia.

De manera opcional, la matriz o el conjunto de matrices asociadas al segundo conjunto de señales de referencia es específico de célula o específico de sistema.

35 De manera opcional, como una realización, la unidad 53 de adquisición está configurada adicionalmente para medir un canal físico de enlace ascendente o una señal física de enlace ascendente, y para obtener una estimación de canal del equipo de usuario de acuerdo con la reciprocidad de canal. Sobre la base de un criterio predefinido, la primera señal de referencia y la matriz o el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario son seleccionadas para un usuario. El canal físico de enlace ascendente puede ser un canal físico de control de enlace ascendente (Physical Uplink Control Channel, abreviado PUCCH) o un canal físico compartido de enlace ascendente (Physical Uplink Shared Channel, abreviado PUSCH); la señal física puede ser una señal de referencia de sondeo (Sounding Reference Signal, abreviado SRS) u otra señal de referencia de demodulación de enlace ascendente (DeModulation Reference Signal, abreviado DMRS).

45 De manera opcional, como otra realización, la unidad de transmisión está configurada específicamente para transmitir señales de referencia del segundo conjunto de señales de referencia al equipo de usuario en diferentes instantes. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

50 De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye uno o varios subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas.

55 De manera opcional, como otra realización, la unidad de transmisión está específicamente configurada para transmitir señales de referencia del primer conjunto de señales de referencia al equipo de usuario en diferentes instantes. En este caso, diferentes instantes pueden estar asociados a la misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

De manera opcional, como otra realización, la matriz **W** de precodificación es un producto de dos matrices **W<sub>1</sub>** y **W<sub>2</sub>**, **W = W<sub>1</sub>W<sub>2</sub>**, en donde la matriz **W<sub>1</sub>** es una matriz diagonal por bloques, de manera que la matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

- 5 De manera opcional, la matriz **W<sub>2</sub>** se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz **W<sub>1</sub>** con el fin de formar la matriz **W**.

De manera opcional, como otra realización, cada matriz **X** por bloques es un producto de kronecker de dos matrices **C** y **D**, **X = C ⊗ D**, y al menos una matriz entre las dos matrices **C** y **D** es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

- 10 De manera opcional, como otra realización, columnas de al menos una matriz entre las dos matrices **C** y **D** son rotaciones de vectores de columna en una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, es decir, que un vector **c<sub>k</sub>** de columna k-ésima de la matriz **C** se muestra en la expresión (2) o en la expresión (3); o bien un vector **d<sub>l</sub>** de columna l-ésima de la matriz **D** se muestra en la expresión (4) o en la expresión (5), en donde **N<sub>V</sub>**, **N<sub>H</sub>**, **N<sub>C</sub>** y **N<sub>D</sub>** son números enteros positivos, **a<sub>m</sub>** es un vector de columna m-ésima de una matriz **A**, y la matriz **A** es una matriz en la matriz o en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.
- 15

- Debe apreciarse que el hecho de que los vectores de columna de la matriz **C** o de la matriz **D** que corresponden a la matriz **X** por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en **W<sub>1</sub>** satisfagan las expresiones (2) a (5) no significa que la matriz **X** por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en **W<sub>1</sub>** tenga una misma matriz **C** o matriz **D**; por el contrario, la matriz **X** por bloques en una ubicación diferente puede tener una misma matriz **C** o matriz **D** o bien una diferente.
- 20

De manera opcional, como otra realización, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT, o una matriz formada por vectores de columna de una matriz de Hadamard o una matriz de Householder.

- 25 De manera opcional, como otra realización, el vector **a<sub>l</sub>** DFT se muestra en la expresión (6), en donde **N<sub>C</sub> ≥ N** o bien **N<sub>D</sub> ≥ N**.

De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye al menos un subconjunto de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia está asociado a un conjunto de la matriz **C** o la matriz **D**.

- 30 De manera opcional, como otra realización, el subconjunto de señales de referencia tiene un período de transmisión mayor que el que corresponde a otra señal de referencia.

La FIG. 6 es un diagrama de bloques de un equipo de usuario de acuerdo con otra realización de la presente invención. El equipo 60 de usuario en la FIG. 6 incluye un receptor 62, un transmisor 63, un procesador 64 y una memoria 65.

- 35 El receptor 62 está configurado para recibir un primer conjunto de señales de referencia transmitido por una estación base, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE).

La memoria 65 almacena una instrucción que permite al procesador 64 llevar a cabo la siguiente operación: seleccionar una matriz de precodificación sobre la base del primer conjunto de señales de referencia, en donde la matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

- 40 El transmisor 63 está configurado para transmitir un indicador PMI de matriz de precodificación a la estación base, en donde el PMI corresponde a la matriz de precodificación seleccionada.

- En esta realización de la presente invención, un primer conjunto señales de referencia está asociado a o corresponde a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, una matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, de tal manera que el equipo de usuario puede seleccionar, sobre la base de la matriz o conjunto de matrices, la matriz de precodificación y realimentar un PMI, y un conjunto de la matriz de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema. El libro de códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, puede mejorarse la precisión de realimentación de CSI sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.
- 45
- 50

El receptor 62, el transmisor 63, el procesador 64 y la memoria 65 pueden estar integradas en un chip de

procesamiento. De manera alternativa, tal como se muestra en la FIG. 6, el receptor 62, el transmisor 63, el procesador 64 y la memoria 65 están conectadas utilizando un bus 66.

Adicionalmente, el equipo 60 de usuario puede incluir además una antena 61. El procesador 64 puede controlar adicionalmente una operación del equipo 60 de usuario, y puede hacerse referencia adicionalmente al procesador 64 como una CPU (Central Processing Unit, Unidad Central de Proceso). La memoria 65 puede incluir una memoria de sólo lectura y una memoria de acceso aleatorio, y proporciona una instrucción y datos al procesador 64. Una parte de la memoria 65 puede incluir adicionalmente una memoria de acceso aleatorio no volátil. Componentes del equipo 60 de usuario están acoplados entre sí por medio de un sistema 66 de bus. El sistema 66 de bus puede incluir, adicionalmente a un bus de datos, un bus de potencia, un bus de control, un bus de estado de señal, y buses similares. Sin embargo, para el propósito de una descripción más clara, todos los buses se marcan como sistema 66 de buses en la figura.

De manera opcional, como una realización, el receptor 62 está configurado adicionalmente para recibir la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario notificadas por la estación base.

De manera opcional, como otra realización, el receptor 62 está configurado adicionalmente para: antes de que se reciba el primer conjunto de señales de referencia, recibir un segundo conjunto de señales de referencia transmitido por la estación base, en donde el segundo conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices; la memoria 65 almacena adicionalmente una instrucción que permite al procesador 64 llevar a cabo la operación siguiente: determinar un segundo índice sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia, en donde el segundo índice se utiliza para indicar un puerto de antena o un subconjunto de puertos de antenas seleccionado por el equipo de usuario, o bien una matriz o conjunto de matrices que están asociadas al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antenas seleccionado por el equipo 60 de usuario; y el transmisor 63 está configurado adicionalmente para transmitir el segundo índice a la estación base.

De manera opcional, el primer conjunto de señales de referencia es un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia.

De manera opcional, como otra realización, el receptor 62 está configurado específicamente para recibir señales de referencia del segundo conjunto de señales de referencia que son transmitidas en diferentes instantes por la estación base. En este caso, diferentes instantes pueden estar asociados a la misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye uno o varios subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas.

De manera opcional, como otra realización, el receptor 62 está configurado específicamente para recibir señales de referencia del primer conjunto de señales de referencia que son transmitidas en diferentes instantes por la estación base. En este caso, diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

De manera opcional, como otra realización, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación es un producto de dos matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ ,  $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1\mathbf{W}_2$ , en donde la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques, de manera que la matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

De manera opcional, la matriz  $\mathbf{W}_2$  se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz  $\mathbf{W}_1$  con el fin de formar la matriz  $\mathbf{W}$ .

De manera opcional, como otra realización, cada matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de kronecker de dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ , y al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

De manera opcional, como otra realización, columnas de al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  son rotaciones de vectores de columna en una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, es decir, que un vector  $\mathbf{c}_k$  de columna k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}$  se muestra en la expresión (2) o en la expresión (3); o bien un vector  $\mathbf{d}_l$  de columna l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}$  se muestra en la expresión (4) o en la expresión (5), en donde  $N_V$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos,  $\mathbf{a}_m$  es un vector de columna m-ésima de una matriz  $\mathbf{A}$ , y la matriz  $\mathbf{A}$  es una matriz en la matriz o en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

Debe apreciarse que el hecho de que los vectores de columna de la matriz  $\mathbf{C}$  o de la matriz  $\mathbf{D}$  que corresponden a la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  satisfagan las expresiones (2) a (5) no

significa que la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  tenga una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$ ; por el contrario, la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente puede tener una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$  o bien una diferente.

5 De manera opcional, como otra realización, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT, o una matriz formada por vectores de columna de una matriz de Hadamard o una matriz de Householder.

De manera opcional, como otra realización, el vector  $\mathbf{a}_i$  DFT se muestra en la expresión (6), en donde  $N_c \geq N$  o bien  $N_d \geq N$ .

10 La FIG. 7 es un diagrama de bloques de una estación base de acuerdo con otra realización de la presente invención. La estación 70 base en la FIG. 7 incluye un transmisor 72, un receptor 73, un procesador 74 y una memoria 75.

El transmisor 72 está configurado para transmitir un primer conjunto de señales de referencia a un equipo de usuario, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario (específicas de UE).

15 El receptor 73 está configurado para recibir un indicador PMI de matriz de precodificación transmitido por el equipo de usuario, de manera que el PMI se utiliza para indicar una matriz de precodificación que se selecciona sobre la base de la primera señal de referencia por parte del equipo de usuario, y la matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

De manera opcional, la memoria 75 puede almacenar una instrucción que permite al procesador 74 llevar a cabo la siguiente operación: obtener la matriz de precodificación de acuerdo con el PMI recibido.

20 En esta realización de la presente invención, un primer conjunto señales de referencia está asociado a o corresponde a una matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, una matriz de precodificación es una función de la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, de tal manera que el equipo de usuario puede seleccionar, sobre la base de la matriz o conjunto de matrices, la matriz de precodificación y realimentar un PMI, y un conjunto de la matriz de precodificación forma un libro de códigos específico de equipo de usuario pero no un libro de códigos específico de célula o un libro de códigos específico de sistema. El libro de  
25 códigos específico de célula o el libro de códigos específico de sistema es un conjunto de matrices de precodificación diseñado para todos los usuarios en una célula o en un sistema, mientras que el libro de códigos específico de equipo de usuario es un subconjunto del libro de códigos específico de célula o del libro de códigos específico de sistema. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, puede mejorarse la precisión de  
30 realimentación de CSI sin aumentar de manera excesiva la sobrecarga de realimentación, mejorando de este modo el rendimiento del sistema.

El transmisor 72, el receptor 73, el procesador 74 y la memoria 75 puede estar integradas en un chip de procesamiento. Alternativamente, tal como se muestra en la FIG. 6, el transmisor 72, el receptor 73, el procesador 74 y la memoria 75 están conectadas por medio de un bus 76.

35 Adicionalmente, la estación 70 base puede incluir adicionalmente una antena 71. El procesador 74 puede controlar adicionalmente una operación del equipo 70 de usuario, y puede hacerse referencia adicionalmente al procesador 74 como una CPU (Central Processing Unit, Unidad Central de Proceso). La memoria 75 puede incluir una memoria de sólo lectura y una memoria de acceso aleatorio, y proporciona una instrucción y datos al procesador 74. Una parte de la memoria 75 puede incluir adicionalmente una memoria de acceso aleatorio no volátil. Componentes del  
40 equipo 70 de usuario están acoplados entre sí por medio de un sistema 76 de bus. El sistema 76 de bus puede incluir, adicionalmente a un bus de datos, un bus de potencia, un bus de control, un bus de estado de señal, y buses similares. Sin embargo, para el propósito de una descripción más clara, todos los buses se marcan como sistema 76 de buses en la figura.

45 De manera opcional, como una realización, el transmisor 72 está configurado adicionalmente para notificar la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario al equipo de usuario.

De manera opcional, como otra realización, el transmisor 72 está configurado adicionalmente para: antes de que el primer conjunto de señales de referencia se transmita al equipo de usuario, transmitir un segundo conjunto de  
50 señales de referencia al equipo de usuario, en donde el segundo conjunto de señales de referencia está asociado a una matriz o a un conjunto de matrices, y el receptor 73 está configurado adicionalmente para recibir un segundo índice que se determina sobre la base del segundo conjunto de señales de referencia por parte del equipo de usuario, en donde el segundo índice se utiliza para indicar un puerto de antena o un subconjunto de puertos de antenas seleccionado por el equipo de usuario, o una matriz o un conjunto de matrices que están asociadas al puerto de antena o al subconjunto de puertos de antenas seleccionado por el equipo de usuario.

55 De manera opcional, el primer conjunto de señales de referencia es un subconjunto del segundo conjunto de señales de referencia.

De manera opcional, la matriz o el conjunto de matrices asociadas al segundo conjunto de señales de referencia es específico de célula o específico de sistema.

5 De manera opcional, como una realización, el procesador está configurado adicionalmente para medir un canal físico de enlace ascendente o una señal física de enlace ascendente, y para obtener una estimación de canal del equipo de usuario de acuerdo con la reciprocidad de canal. Sobre la base de un criterio predefinido, la primera señal de referencia y la matriz o conjunto de matrices específicos de equipo de usuario son seleccionados para un usuario. El canal físico de enlace ascendente puede ser un canal físico de control de enlace ascendente (Physical Uplink Control Channel, abreviado PUCCH) o un canal físico compartido de enlace ascendente (Physical Uplink Shared Channel, abreviado PUSCH); la señal física puede ser una señal de referencia de sondeo (Sounding Reference Signal, abreviado SRS) u otra señal de referencia de demodulación de enlace ascendente (DeModulation Reference Signal, abreviado DMRS).

15 De manera opcional, como otra realización, el transmisor 72 está configurado específicamente para transmitir señales de referencia del segundo conjunto de señales de referencia al equipo de usuario en diferentes instantes. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

20 De manera opcional, como otra realización, el primer conjunto de señales de referencia incluye uno o varios subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas cuasi-co-localizadas.

25 De manera opcional, como otra realización, el transmisor 72 está configurado específicamente para transmitir señales de referencia del primer conjunto de señales de referencia al equipo de usuario en diferentes instantes. En este caso, los diferentes instantes pueden estar asociados a una misma matriz o a diferentes matrices de manera separada, o bien pueden estar asociados a un mismo subconjunto o a diferentes subconjuntos de un conjunto de matrices de manera separada.

30 De manera opcional, como otra realización, la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación es un producto de dos matrices  $\mathbf{W}_1$  y  $\mathbf{W}_2$ ,  $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1\mathbf{W}_2$ , en donde la matriz  $\mathbf{W}_1$  es una matriz diagonal por bloques, de manera que la matriz diagonal por bloques incluye al menos una matriz por bloques, y cada matriz por bloques es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

De manera opcional, la matriz  $\mathbf{W}_2$  se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz  $\mathbf{W}_1$  con el fin de formar la matriz  $\mathbf{W}$ .

35 De manera opcional, como otra realización, cada matriz  $\mathbf{X}$  por bloques es un producto de kronecker de dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ , y al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  es una función de la matriz o del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

40 De manera opcional, como otra realización, columnas de al menos una matriz entre las dos matrices  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{D}$  son rotaciones de vectores de columna en una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, es decir, que un vector  $\mathbf{c}_k$  de columna k-ésima de la matriz  $\mathbf{C}$  se muestra en la expresión (2) o en la expresión (3); o bien un vector  $\mathbf{d}_l$  de columna l-ésima de la matriz  $\mathbf{D}$  se muestra en la expresión (4) o en la expresión (5), en donde  $N_V$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos,  $\mathbf{a}_m$  es un vector de columna m-ésima de una matriz  $\mathbf{A}$ , y la matriz  $\mathbf{A}$  es una matriz en la matriz o en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario.

45 Debe apreciarse que el hecho de que los vectores de columna de la matriz  $\mathbf{C}$  o de la matriz  $\mathbf{D}$  que corresponden a la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  satisfagan las expresiones (2) a (5) no significa que la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente en una diagonal en  $\mathbf{W}_1$  tenga una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$ ; por el contrario, la matriz  $\mathbf{X}$  por bloques en una ubicación diferente puede tener una misma matriz  $\mathbf{C}$  o matriz  $\mathbf{D}$  o bien una diferente.

De manera opcional, como otra realización, una matriz en la matriz o conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT, o una matriz formada por vectores de columna de una matriz de Hadamard o una matriz de Householder.

50 De manera opcional, como otra realización, el vector  $\mathbf{a}$  DFT se muestra en la expresión (6), en donde  $N_C \geq N$  o bien  $N_D \geq N$ .

55 Una persona con experiencia ordinaria en la técnica puede ser conocedora de que, en combinación con los ejemplos descritos en las realizaciones descritas en este documento, las unidades y los pasos de los algoritmos pueden implementarse mediante hardware electrónico o bien mediante una combinación de software computacional y hardware electrónico. Que las funciones se lleven a cabo mediante hardware o mediante software depende de las aplicaciones particulares y de las restricciones de diseño de las soluciones técnicas. Una persona experta en la

técnica puede utilizar diferentes métodos para implementar las funciones descritas para cada aplicación particular, pero no debería considerarse que la implementación está fuera del alcance de la presente invención.

5 Se comprenderá claramente por parte de una persona experta en la técnica que, para el propósito de conveniencia y de descripción breve, para un proceso de trabajo detallado del sistema, aparato y unidades antedichas, puede hacerse referencia a un proceso correspondiente en las realizaciones del método antedichas, y los detalles no se describen de nuevo en la presente memoria.

10 En las diferentes realizaciones proporcionadas en la presente solicitud, debe comprenderse que el sistema, los aparatos y los métodos descritos pueden implementarse de otras maneras. Por ejemplo, la realización del aparato descrita se ofrece meramente a modo de ejemplo. Por ejemplo, la división entre unidades es puramente una división de funciones lógicas y puede estar constituida por otra división diferente en una implementación real. Por ejemplo, puede combinarse o integrarse una pluralidad de unidades o componentes para formar otro sistema, o algunas características/elementos pueden ignorarse o no llevarse a cabo. Adicionalmente, los acoplamientos mutuos o los acoplamientos directos o las conexiones de comunicaciones discutidas o mostradas pueden implementarse utilizando ciertas interfaces. Los acoplamientos indirectos o las conexiones de comunicación entre los aparatos o las unidades pueden implementarse en forma electrónica, mecánica o de otra forma.

15 Las unidades descritas como partes separadas pueden estar o no estar separadas físicamente, y partes mostradas como unidades pueden ser unidades físicas o no serlo, pueden estar ubicadas en una posición, o pueden estar distribuidas en una pluralidad de unidades en la red. Algunas o todas las unidades pueden seleccionarse de acuerdo con necesidades reales para conseguir los objetivos de las soluciones de las realizaciones.

20 Adicionalmente, unidades funcionales en las realizaciones de la presente invención pueden integrarse en una única unidad de procesamiento, o bien cada una de las unidades puede existir físicamente aislada, o bien dos o más unidades pueden integrarse para formar una única unidad.

25 Cuando las funciones se implementan en la forma de una unidad funcional de software y se venden o se utilizan como un producto independiente, las funciones pueden almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Sobre la base de una comprensión tal, las soluciones técnicas de la presente invención, o la parte que contribuye a la técnica anterior, o algunas de las soluciones técnicas, pueden implementarse esencialmente en forma de un producto software. El producto de software computacional se almacena en un medio de almacenamiento, e incluye diferentes instrucciones para instruir a un dispositivo computacional (que puede ser un ordenador personal, un servidor, o un dispositivo en red) para que lleve a cabo todos o algunos de los pasos de los métodos descritos en las realizaciones de la presente invención. El medio de almacenamiento antedicho incluye: cualquier medio que pueda almacenar código de programa, tal como una unidad flash USB, un disco duro extraíble, una memoria de sólo lectura (ROM, Read-Only Memory), una memoria de acceso aleatorio (RAM, Random Access Memory), un disco magnético o un disco óptico.

30 Las descripciones antedichas son meramente maneras de implementar de modo específico la presente invención, pero no pretenden limitar el alcance de la protección de la presente invención. Cualquier sustitución que pueda imaginarse de manera sencilla por parte de una persona experta en la técnica en el seno del alcance técnico descrito en la presente invención entrará en el seno del alcance de la protección de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de la protección de la presente invención estará sujeta al alcance de la protección de las reivindicaciones.

40

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar un indicador de matriz de precodificación llevado a cabo por un equipo de usuario, que comprende:

5 recibir un primer conjunto de señales de referencia transmitido por una estación base, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a un conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, que incluye al menos dos matrices, **A** y **B**;  
 seleccionar una matriz **W** de precodificación sobre la base del primer conjunto de señales de referencia, en donde la matriz **W** de precodificación es un producto de dos matrices **W**<sub>1</sub> y **W**<sub>2</sub>, **W** = **W**<sub>1</sub>**W**<sub>2</sub>, en donde la matriz **W**<sub>1</sub> es una matriz diagonal por bloques que comprende al menos dos matrices **X**<sub>i</sub> por bloques, en donde la matriz **W**<sub>2</sub> se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz **W**<sub>1</sub> con el fin de formar la matriz **W**, y en donde cada matriz **X**<sub>i</sub> por bloques es un producto de Kronecker de dos matrices **C** y **D**, **X** = **C** ⊗ **D**, y las matrices **C** y **D** son una función de las matrices **A** y **B**, respectivamente, en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario; y  
 10 transmitir un indicador, PMI, de matriz de precodificación a la estación base, en donde el PMI corresponde a la matriz **W** de precodificación.  
 15

2. El método según la reivindicación 1, en donde el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es notificado por la estación base al equipo de usuario.

3. El método según la reivindicación 1, en donde el primer conjunto de señales de referencia comprende uno o más subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas.  
 20

4. El método según la reivindicación 1, en donde un vector **c**<sub>k</sub> de columna k-ésima de la matriz **C** es:

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi N_V/N_C} \right\} \mathbf{a}_m,$$

o bien

25 
$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}, e^{j\theta_{\square}}, e^{j\theta_{\square}} e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j\theta_{\square}} e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C} \right\} \mathbf{a}_m$$

o bien; un vector **d**<sub>l</sub> de columna l-ésima de la matriz **D** es:

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D} \right\} \mathbf{b}_n,$$

o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \left\{ 1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}, e^{j\phi_{\square}}, e^{j\phi_{\square}} e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j\phi_{\square}} e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D} \right\} \mathbf{b}_n,$$

30 en donde N<sub>V</sub>, N<sub>H</sub>, N<sub>C</sub> y N<sub>D</sub> son números enteros positivos, el vector **a**<sub>m</sub> es un vector de columna m-ésima de la matriz **A** y el vector **b**<sub>n</sub> es un vector de columna n-ésima de una matriz **B**, y θ<sub>□</sub> y φ<sub>□</sub> son desplazamientos de fase.

5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde cada una de las matrices **A** y **B** en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT de transformada discreta de Fourier, o bien por vectores de columna de una matriz de Hadamard o de una matriz de Householder.  
 35

6. El método según la reivindicación 5, en donde columnas de la matriz **A** o de la matriz **B** en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario son vectores **a**<sub>l</sub> DFT de transformada descrita de Fourier que satisfacen:

$$\mathbf{a}_l = \left[ e^{j\frac{2\pi \cdot 0 \cdot l}{N}} \quad e^{j\frac{2\pi \cdot 1 \cdot l}{N}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi \cdot (M-1) \cdot l}{N}} \right]^T$$

40 en donde [ ]<sup>T</sup> representa la transposición de una matriz, M y N son números enteros positivos, y N<sub>C</sub> ≥ N o bien N<sub>D</sub> ≥ N.

7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la matriz **W** de precodificación posee la siguiente estructura de matriz:

$$(2M)^{-\frac{1}{2}} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \ e^{j\phi} \ e^{j(\phi+\theta)} \ \dots \ e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T$$

o bien

$$(4M)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \ e^{j\phi} \ e^{j(\phi+\theta)} \ \dots \ e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \ e^{j\phi} \ e^{j(\phi+\theta)} \ \dots \ e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \right]^T \end{bmatrix}$$

o bien

5

$$(2NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ \begin{array}{c} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \\ e^{j\phi} \left[ \begin{array}{c} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

o bien

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \left[ \begin{array}{cc} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T & \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T & e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T & e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \\ \left[ \begin{array}{cc} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T & -\left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T & -e^{j\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T & -e^{j(N-1)\phi} \left[ 1 \ e^{j\theta} \ \dots \ e^{j(M-1)\theta} \right]^T \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

o bien

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T & [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T \\ e^{j\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T & e^{j\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T & e^{j(N-1)\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} j [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T & -j [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T \\ je^{j\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T & -je^{j\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T \\ \dots & \dots \\ je^{j(N-1)\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T & -je^{j(N-1)\phi} [1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta}]^T \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

en donde M es un número entero positivo; N es un número entero positivo.

8. Un equipo (40) de usuario, que comprende:

- 5 una unidad (41) de recepción, configurada para recibir una primera señal de referencia transmitida por una estación base, en donde el primer conjunto de señales de referencia está asociado a un conjunto de matrices específicas de equipo de usuario, que incluye al menos dos matrices **A** y **B**; y
- una unidad (42) de determinación, configurada para seleccionar una matriz **W** de precodificación sobre la base del primer conjunto de señales de referencia, en donde la matriz **W** de precodificación es un producto de dos matrices **W**<sub>1</sub> y **W**<sub>2</sub>, **W** = **W**<sub>1</sub>**W**<sub>2</sub>, en donde la matriz **W**<sub>1</sub> es una matriz diagonal por bloques que comprende al menos dos matrices **X**<sub>i</sub> por bloques, en donde la matriz **W**<sub>2</sub> se utiliza para la selección o la combinación mediante pesos de vectores de columna en la matriz **W**<sub>1</sub> con el fin de formar la matriz **W**, y en donde cada matriz **X**<sub>i</sub> por bloques es un producto de Kronecker de dos matrices **C** y **D**, **X** = **C** ⊗ **D**, y en donde las matrices **C** y **D** son una función de las matrices **A** y **B**, respectivamente, en el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario; y
- 10 una unidad (43) de transmisión, configurada para transmitir un indicador PMI de matriz de precodificación a la estación base, en donde el PMI corresponde a la matriz **W** de precodificación.

9. El equipo de usuario según la reivindicación 8, en donde el conjunto de matrices específicas de equipo de usuario es notificado por una estación base al equipo de usuario.

10. El equipo de usuario según la reivindicación 9, en donde el primer conjunto de señales de referencia comprende uno o varios subconjuntos de señales de referencia, y el subconjunto de señales de referencia corresponde a un subconjunto de puertos de antenas co-polarizadas, o bien corresponde a un subconjunto de puertos de antenas que están dispuestas en una misma dirección en un sistema de puertos de antenas.

11. El equipo de usuario según la reivindicación 8, en donde un vector **c**<sub>k</sub> de columna k-ésima de la matriz **C** es:

$$\mathbf{c}_k = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi N_V/N_C}\} \mathbf{a}_m,$$

o bien

$$25 \quad \mathbf{c}_k = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}, e^{j\theta_1}, e^{j\theta_1} e^{j2\pi/N_C}, \dots, e^{j\theta_1} e^{j2\pi(N_V/2-1)/N_C}\} \mathbf{a}_m$$

o bien; un vector **d**<sub>l</sub> de columna l-ésima de la matriz **D** es:

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D}\} \mathbf{a}_m,$$

o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi N_H/N_D}\} \mathbf{b}_n,$$

- 30 o bien

$$\mathbf{d}_l = \text{diag} \{1, e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}, e^{j\theta_1}, e^{j\theta_1} e^{j2\pi/N_D}, \dots, e^{j\theta_1} e^{j2\pi(N_H/2-1)/N_D}\} \mathbf{b}_n,$$

en donde  $N_v$ ,  $N_H$ ,  $N_C$  y  $N_D$  son números enteros positivos, el vector  $\mathbf{a}_m$  es un vector de columna m-ésima de la matriz  $\mathbf{A}$  y el vector  $\mathbf{b}_n$  es un vector de columna n-ésima de una matriz  $\mathbf{B}$ , y  $\theta_\square$  y  $\phi_\square$  son desplazamientos de fase.

12. El equipo de usuario según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde cada una de las matrices  $\mathbf{A}$  y  $\mathbf{B}$  en el conjunto de matrices específico de equipo de usuario es una matriz formada por columnas que son vectores DFT de transformada discreta de Fourier, o bien por vectores de columna de una matriz de Hadamard o de una matriz de Householder.

13. El equipo de usuario según la reivindicación 12, en donde columnas de la matriz  $\mathbf{A}$  o de la matriz  $\mathbf{B}$  del conjunto de matrices específicas de equipo de usuario son vectores DFT de transformada discreta de Fourier que satisfacen:

$$\mathbf{a}_l = \left[ e^{j\frac{2\pi \cdot 0 \cdot l}{N}} \quad e^{j\frac{2\pi \cdot 1 \cdot l}{N}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi \cdot (M-1) \cdot l}{N}} \right]^T$$

10 en donde  $[ ]^T$  representa la transposición de una matriz,  $M$  y  $N$  son números enteros positivos, y  $N_C \geq N$  o bien  $N_D \geq N$ .

14. El equipo de usuario según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en donde la matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación posee la siguiente estructura de matriz:

$$(2M)^{-\frac{1}{2}} \left[ \begin{array}{cccccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} & e^{j\phi} & e^{j(\phi+\theta)} & \dots & e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \end{array} \right]^T$$

15 o bien

$$(4M)^{-\frac{1}{2}} \left[ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} & e^{j\phi} & e^{j(\phi+\theta)} & \dots & e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \end{array} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ \begin{array}{cccccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} & e^{j\phi} & e^{j(\phi+\theta)} & \dots & e^{j(\phi+(M-1)\theta)} \end{array} \right]^T \end{array} \right]$$

o bien

$$(2NM)^{-\frac{1}{2}} \left[ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{array} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ \begin{array}{cccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{array} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ \begin{array}{cccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{array} \right]^T \end{array} \right] \\ e^{j\phi} \left[ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{array} \right]^T \\ e^{j\phi} \left[ \begin{array}{cccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{array} \right]^T \\ \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \left[ \begin{array}{cccc} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{array} \right]^T \end{array} \right] \end{array} \right]$$

o bien

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -\begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \end{bmatrix}$$

o bien

$$(4NM)^{-\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & e^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ j \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -j \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ je^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -je^{j\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \\ \dots & \dots \\ je^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T & -je^{j(N-1)\phi} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\theta} & \dots & e^{j(M-1)\theta} \end{bmatrix}^T \end{bmatrix}$$

en donde M es un número entero positivo; N es un número entero positivo.

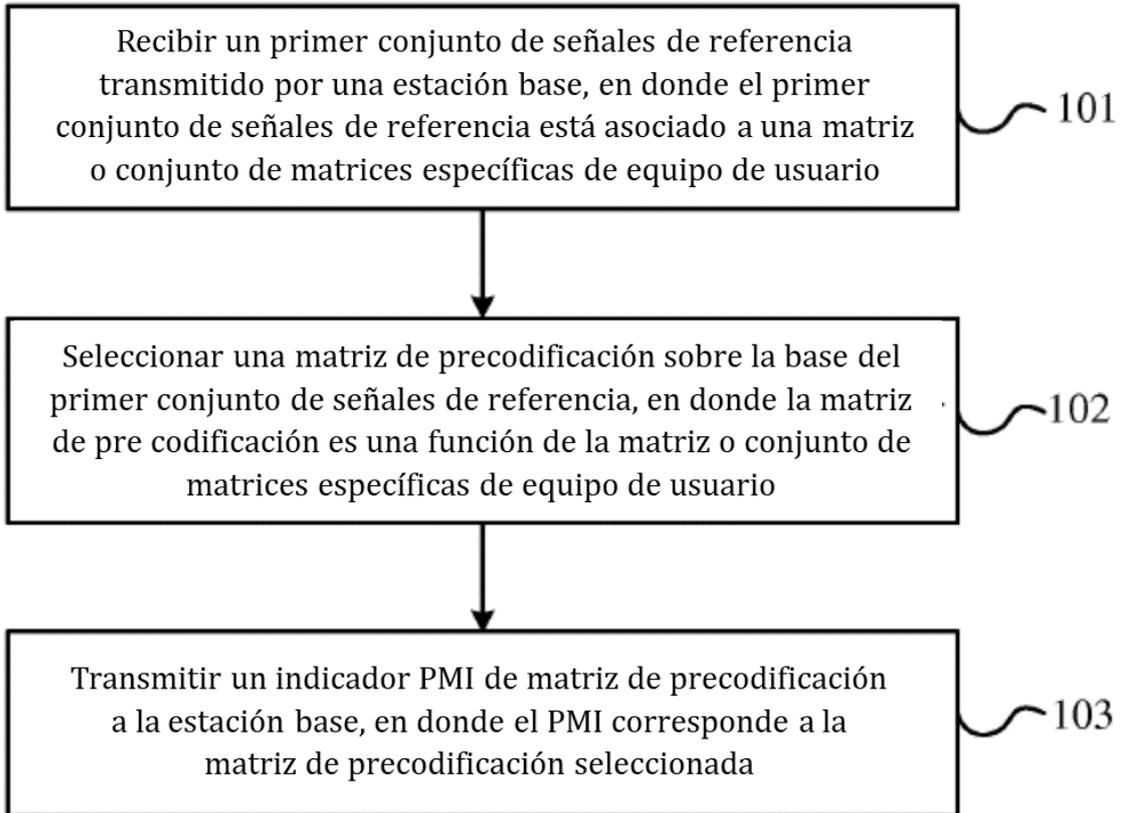


FIG. 1

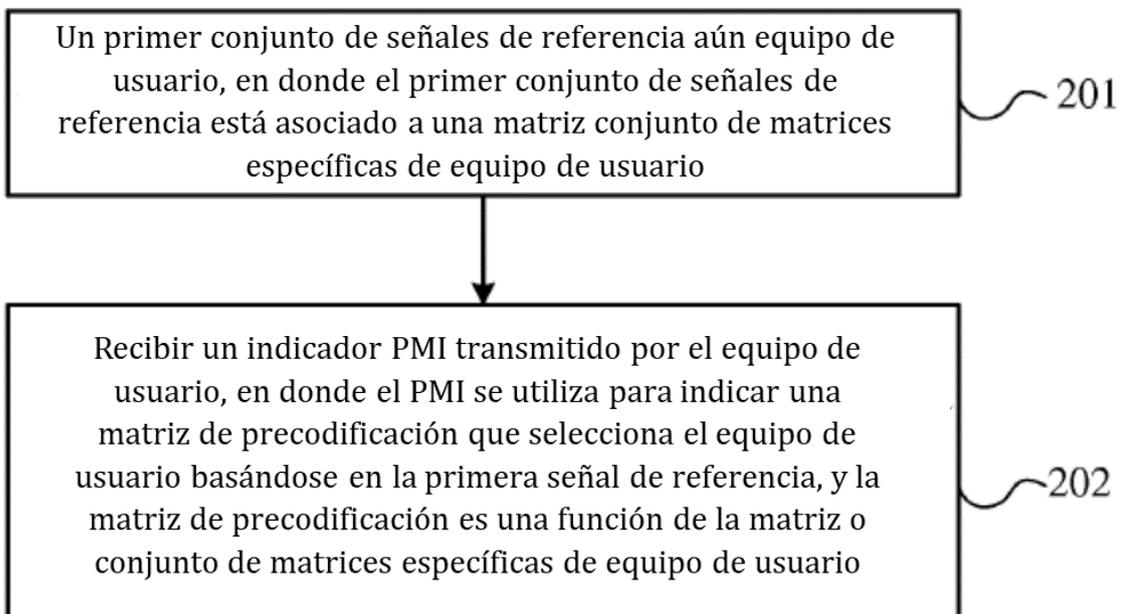


FIG. 2

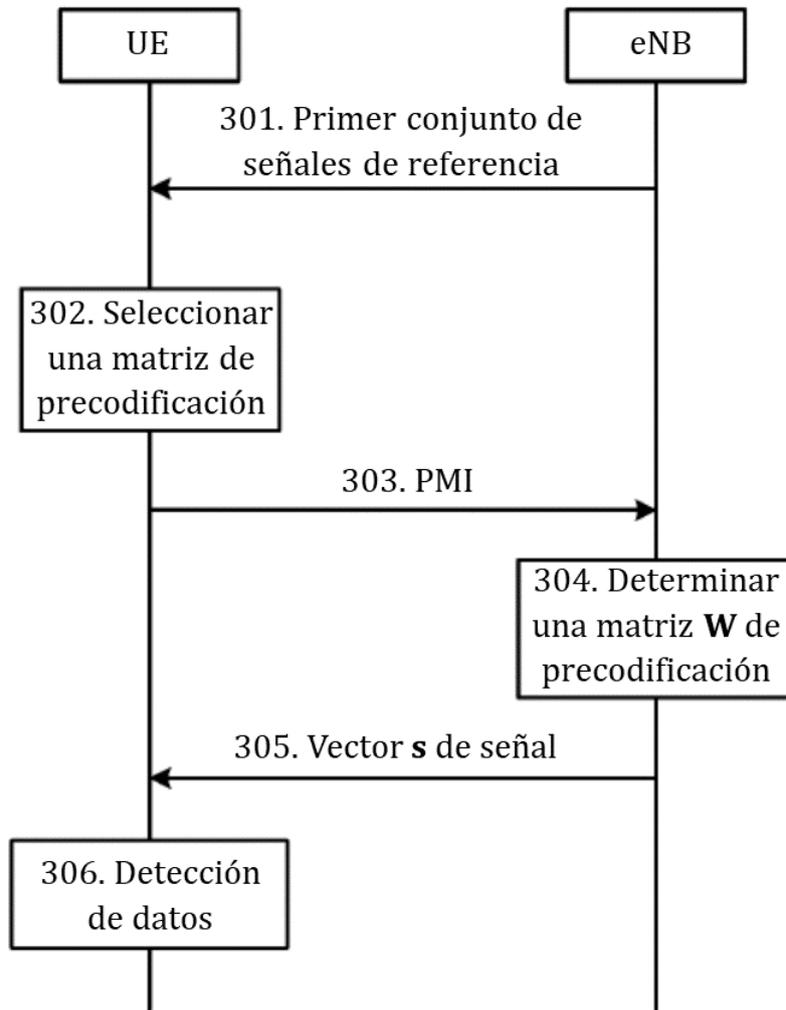


FIG. 3

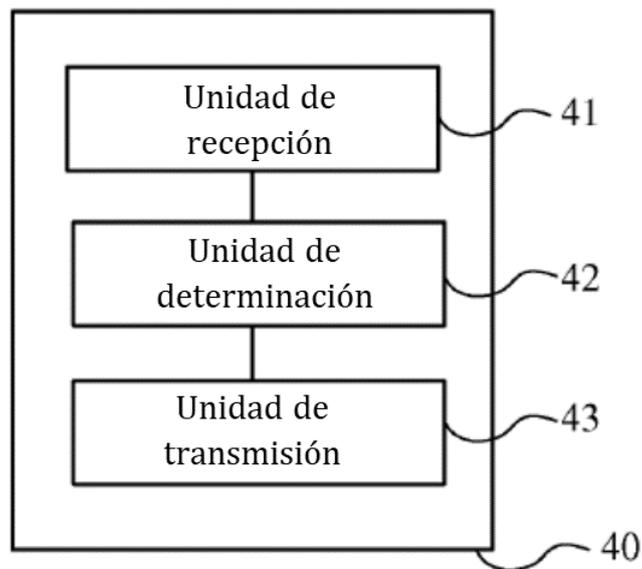


FIG. 4

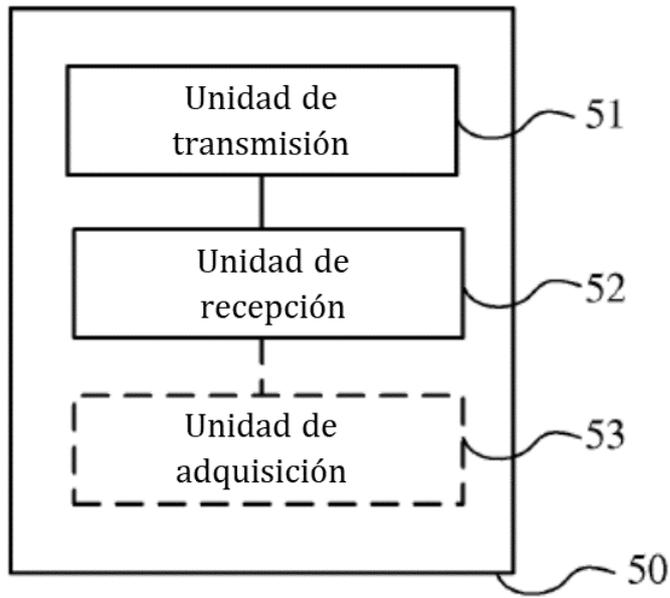


FIG. 5

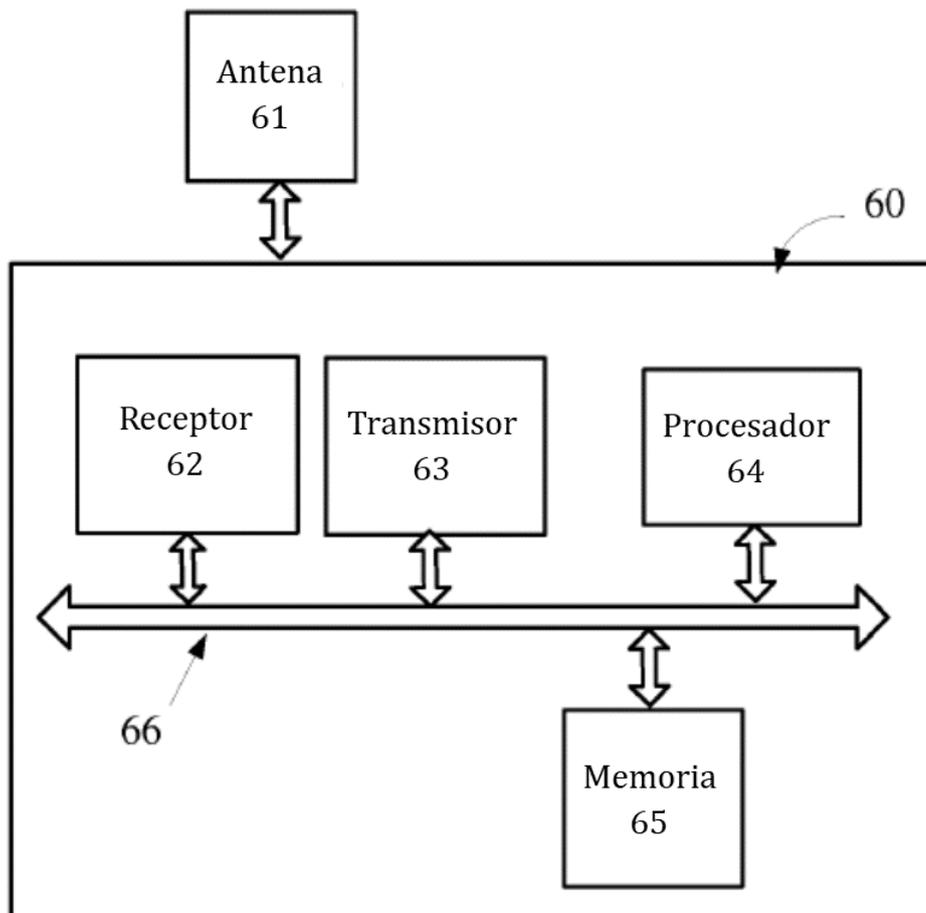


FIG. 6

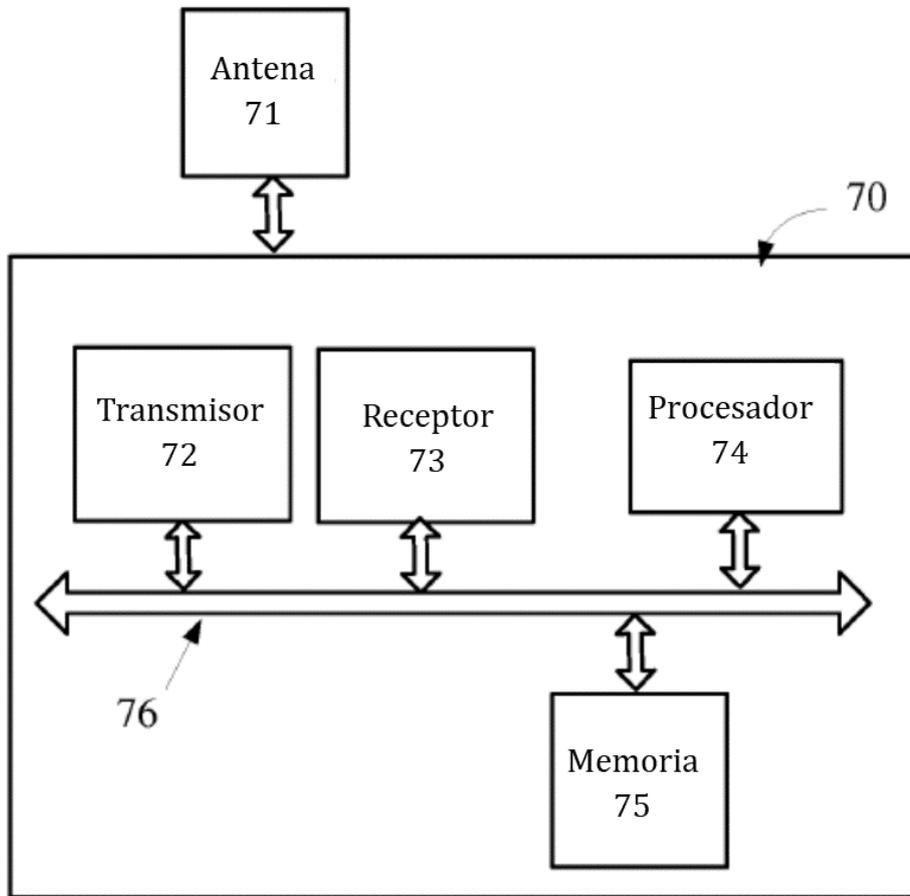


FIG. 7